

### From the INTERNATIONAL BUREAU

### **PCT**

### **NOTIFICATION OF ELECTION**

(PCT Rule 61.2)

United States Patent and Trademark Office (Box PCT) Crystal Plaza 2 Washington, DC 20231 ÉTATS-UNIS D'AMÉRIOUF

Date of mailing (day/month/year) 03 March 1999 (03.03.99)	ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE  in its capacity as elected Office		
International application No. PCT/EP98/04202	Applicant's or agent's file reference W 1758		
International filing date (day/month/year) 07 July 1998 (07.07.98)	Priority date (day/month/year) 08 July 1997 (08.07.97)		
Applicant WOBBEN, Aloys			
The designated Office is hereby notified of its election may  In the demand filed with the International Preliming  X			

	X in the demand file	d with the Inte	rnational Pr	eliminary Ex	kamining Auth	ority on:		•= '	
	ē.		20 Jani	uary 1999	(20.01.99)			-	
	in a notice effectin	g later election	n filed with	the Internati	onal Bureau or	i:		. •	
				-	-	-			
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			-	-			-	
2.	The election X wa	S	-				•		
	wa	s not							*
	<b></b>								
	made before the expiration Rule 32.2(b).		ns from the	priority date	e or, where Rul	e 32 applies,	within the ti	me limit under	-
	made before the expirati Rule 32.2(b).		ns from the	priority date	e or, where Rul	e 32 applies,	within the ti	me limit under	-
	made before the expirati Rule 32.2(b).		ns from the	priority date	e or, where Rul	e 32 applies,	within the ti	ne limit under	_
	made before the expirati		ns from the	priority date	e or, where Rul	e 32 applies,	within the ti	me limit under	-
	made before the expirati Rule 32.2(b).		ns from the	priority date	e or, where Rul	e 32 applies,	within the ti	me limit under	

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Authorized officer

S. Baharlou

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

## PCT

REC'D 16 SEP 1999

PO PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts WEITERES	siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen
W 1758 VORGEHEN	5 × (
Internationales Aktenzeichen Internationales (Tag/Monat/J	s Anmeldedatum Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) Jahr)
PCT/EP 98/04202 07/07/19	
nternationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Kla	ssifikation und IPK
H02K1/24	
Anmelder	
WOBBEN, Aloys	
Der internationale vorläufige Prüfungsbericht wurd	le von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten
Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Ar	tikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt	Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
Zeichnungen, die geändert wurden und diesem I	ei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/od Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenom-
2	Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften zum PCT)  itter.
3. Dieser Bericht enthält Angaben und die entsprecher	iden Seiten zu rolgenden Punkten:
I X Grundlage des Berichts	
II Priorität	
III Keine Erstellung eines Gutachtens über	Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
IV MangeInde Einheitlichkeit der Erfindung	
	(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der n und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
VI Bestimmte angeführte Unterlagen	-
VII Bestimmte Mängel der internationalen A	nmeldung
VIII Bestimmte Bemerkungen zur internation	alen Anmeldung
atum der Einreichung des Antrags	Datum der Fertigstellung dieses Berichts
	Small der i Graffatonang anges perfetts
20/01/1999	1 4. 09. 99
para und Destaurabeit des mit des internationales des	Danilla E deiana Dalia aras (
ame und Postanschrift der mit der internationalen vorläufig -üfung beauftragten Behörde -	gen Bevollmächtigter Bediensteter
D-80298 München	C. Bourn
Tel. (+49-89) 2399-0, Tx: 523656 epmu d Fax: (+49-89) 2399-4465	Tel(+49-89)2399-2442





# Internationales Aktenzeichen PCT/EP98/04202

### Grundlage des Berichts

1.	Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorg wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten.)						iegt
			der internationale	en Anmeldung ir	n der ursprünglich eingereichten Fassu	ng	
		X	der Beschreibung	g, Seite	1-14	in der ursprünglich eingereichten Fassung	
				Seite		, eingereicht mit dem Antrag	
				Seite		, eingereicht mit Schreiben vom	
		X	der Ansprüche, N	Nr.		in der ursprünglich eingereichten Fassung	
			١	Nr.		in der nach Artikel 19 geänderten Fassung	
			1	Nr.		, eingereicht mit dem Antrag	
			1	Nr.	1-15	, eingereicht mit Schreiben vom 19.01	.99
		X	der Zeichnungen,	, Blatt / Abb.	1-25	in der ursprünglich eingereichten Fassung	
				Blatt / Abb.		, eingereicht mit dem Antrag	
				Blatt / Abb.		, eingereicht mit Schreiben vom	
2.	Aufgrur	nd der	Änderungen sind f	olgende Unterla	agen fortgefallen:		
			Beschreibung:	Seite			
			Ansprüche:	Nr.		-	
			Zeichnungen:	Blatt / Abb.			
3.		ange		nach Auffassun		t worden, da diese aus den im Zusatzfeld gehalt in der ursprünglich eingereichten Fassı	ıng

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:





#### Internationales Aktenzeichen

#### PCT/EP98/04202

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

_	F	
٦.	Feststelluna	

Neuheit	Ansprüche		JA
	Ansprüche	1	NEIN
Erfinderische Tätigkeit	Ansprüche		JA
	Ansprüche	2-15	NEIN
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ansprüche		JA
	Ansprüche	1-15	NEIN

#### 2. Unterlagen und Erklärungen

### Anspruch 1:

N, ET: Die Entgegenhaltung:

E1 = FENG X. WANG, "Waveform Optimization Design of an AC Converter Machine", Seiten 436-440 von Mai 1989

offenbart ein Verfahren zum Erzeugen elektrischer Energie mittels eines Synchrongenerators entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1 (Siehe Seite 437, linke Spalte, letzter Absatz und Figur 4).

Ferner ist aus dieser Entgegenhaltung zu entnehmen, daß die in einer Statorwicklung im Betrieb induzierten Ströme mittels einer Gleichrichterschaltung gleichgerichtet werden (Siehe Figur 10) und die Summe der Teilströme der Statorwicklungen einen nahezu konstanten Gleichstrom ergibt (Siehe Figur 11(c) und Seite 438, rechte Spalte, letzter Absatz - Seite 439, linke Spalte, erster Absatz).

Da mithin ein Verfahren mit allen im Anspruch 1 enthaltenen Merkmalen aus der E1 bekannt ist, ist der Gegenstand des Anspruchs 1 neuheitsschädlich (Artikel 33(2) PCT) vorweggenommen.





Internationales Aktenzeichen PCT/EP98/04202

### Anspruch 4:

N, ET:

Gemäß der E1 ist auch ein Synchrongenerator beschrieben, wobei eine mit dem Synchrongenerator gekoppelte Gleichrichterschaltung, die in einer Statorwicklung im Betrieb induzierten Ströme gleichrichtet.

Unterschiedlich gegenüber diesem Stand der Technik ist, ist beim Gegenstand des Anspruchs 4 insbesondere, daß die Summe der Teilströme mittels eines Kondensators der Gleichrichterschaltung auf einen nahezu konstanten Gleichstrom geglättet wird.

Diese Maßnahme liegt im fachmännlichen Handeln, so daß der Gegenstand des Anspruchs 4 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit (Artikel 33(3) PCT) beruht.

Die Merkmale der abhängigen Ansprüche 2, 3 und 5 bis 14 sowie der Verwendungsanspruch 15 (Siehe die E1, Seite 440, letzter Absatz) gehören offensichtlich entweder zum Kenntnisstand des einschlägigen Fachmanns oder gehen aus dem Stand der Technik als bekannt hervor somit beruhen die Ansprüche 2, 3 und 5 bis 15 ebenfalls nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit (Artikel 33(3) PCT).

GA:

Die gewerbliche Anwendbarkeit des beanspruchten Verfahrens zum Erzeugen elektrischer Energie, des Synchrongenerators sowie der Windenergieanlage ist offensichtlich.





Internationales Aktenzeichen PCT/EP98/04202

### VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

- 1. Im Oberbegriff des Anspruchs 1 fehlen Bezugszeichen (Regel 6.2(b) PCT).
- 2. In der Beschreibungseinleitung fehlt die Angabe des relevanten Standes der Technik (E1) (Regel 5.1(a), (ii) PCT).





#### Internationales Aktenzeichen

### PCT/EP98/04202

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

### VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

Der Begriff "insbesondere" macht die Rückbeziehung der Ansprüche 5 und 8 unklar (Artikel 6 PCT).

\_\_\_\_\_

Eremen

Patentanwälte
European Patent Attorneys
Dipl.-Ing. Günther Eisenführ
Dipl.-Ing. Dieter K. Speiser
Dr.-Ing. Werner W. Rabus
Dipl.-Ing. Jürgen Brügge
Dipl.-Ing. Jürgen Brügge
Dipl.-Ing. Klaus G. Göken
Jochen Ehlers
Patentanwalt
Dipl.-Ing. Mark Andres

Rechtsanwälte Ulrich H. Sander Sabine Richter

Martinistrasse 24 D-28195 Bremen Tel. +49-(0)421-36 35 0 Fax +49-(0)421-36 35 35 (G3) Fax +49-(0)421-328 8631 (G4) mail@eisenfuhr.com Hamburg
Patentanwalt
Dipl.-Phys. Frank Meier

Rechtsanwälte Christian Spintig

Rainer Böhm

München

Patentanwälte European Patent Attorneys Diol.-Wirtsch.-Ing. Rainer Frits Lbm.-Chem. Gabriele Leißler-C Patentanwalt Dipl.-Chem. Dr. Peter Schuler

Berlin

Patentanwälte European Patent Attorneys Dipl.-Ing. Henning Christianse Dipl.-Ing. Jutta Kaden Patentanwalt Dipl.-Ing. Joachim von Oppen

Alicante

European Trademark Attornev Dipl.-Ing. Jürgen Klinghardt

Bremen, den

19. Januar 1999

Unser Zeichen:

W 1758 MAN/ae

Anmelder/Inhaber: Aloys Wobben
Amtsaktenzeichen: PCT/EP98/04202

### Neue Ansprüche

- 1. Verfahren zum Erzeugen elektrischer Energie mittels eines Synchrongenerators mit einem Generator-Stator mit einer Statorwicklung und einem relativ zum Stator bewegbaren Generator-Läufer, welcher n Pole aufweist und welcher in der Statorwicklung eine elektrische Spannung induziert, während die Statorwicklung von einem Statorstrom durchflossen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die in einer Statorwicklung oder mehreren Statorwicklungen im Betrieb induzierten Ströme mittels einer Gleichrichterschaltung (6) gleichgerichtet werden und die Summe der Teilströme der Statorwicklungen einen nahezu konstanten Gleichstrom ergibt.
- 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator eine 6-Phasen-Statorwicklung aufweist, wobei jeweils zwei Phasen ein Phasenpaar bilden und die Addition der Ströme eines Phasenpaars im wesentlichen dem Verlauf der induzierten Spannung in den jeweils betroffenen Phasenwicklungen entspricht.
- 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Stator induzierte Spannung im wesentlichen eine Trapezform aufweist, welche in der Fourier-Analyse ein Minimum an hochfrequenten Anteilen enthält.

- 4. Synchrongenerator zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Generator-Stator (16) und einem relativ zum Stator (16) bewegbaren Generator-Läufer (12), welcher n Pole (14) aufweist, gekennzeichnet durch eine mit dem Synchrongenerator gekoppelte Gleichrichterschaltung (6), welche die in einer Statorwicklung oder mehreren Statorwicklungen im Betrieb induzierten Ströme gleichrichtet und die Summe der Teilströme mittels eines Kondensators (8) der Gleichrichterschaltung (6) auf einen nahezu konstanten Gleichstrom geglättet wird.
- 5. Synchrongenerator nach Anspruch 4, insbesondere nach dem Oberbegriff von Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Polkopf (20) eines Pols (14) im Querschnitt etwa die Form eines Trapezes hat.
- 6. Synchrongenerator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Pole (14) zueinander nicht konstant ist.
- 7. Synchrongenerator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) mit drei verschiedenen Polabständen an dem Läufer (12) angeordnet sind.
- 8. Synchrongenerator, insbesondere nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) des Läufers (12) mindestens eine an einem Polkopf (20) ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) im wesentlichen schräg verlaufende vordere Kante (26) aufweisen.
- 9. Synchrongenerator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die in Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) vordere Kante (26) eines Polkopfes (20) zwei winklig zueinander angeordnete, zu einer Spitze (30) zulaufende Kantenabschnitte (32, 34) aufweist.
- 10. Synchrongenerator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kantenabschnitte (32, 34) der vorderen Kante (26) in einem Winkel von etwa 100° bis 140°, vorzugsweise 120° in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) angeordnet sind.

11. Synchrongenerator nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) des Läufers (12) mindestens eine an einem Polkopf (20) ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) im wesentlichen schräg verlaufende hintere Kante (24) aufweisen.

- 12. Synchrongenerator nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die hintere Kante (24) zwei winklig zueinander angeordnete Kantenabschnitte (36, 38) aufweist, die parallel zu den an der vorderen Kante (26) ausgebildeten Kantenabschnitten (32, 34) verlaufen, so daß der Polkopf (20) in radialer Draufsicht im wesentlichen pfeilförmig ausgebildet ist.
- 13. Synchrongenerator nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine beidseitige Querschnittsverringerung im Randbereich des Polkopfes (20).
- 14. Synchrongenerator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanten (24, 26) des Trapezes abgerundet sind.
- 15. Windenergieanlage, mit einem Turm, einem an diesem angeordneten Rotor sowie einem von dem Rotor antreibbaren Generator (4), dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (4) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche ausgebildet ist.

## **PCT**

### INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

W 1758 Internationales Aktenzeichen		nstehender Punkt 5
<u> </u>	Internationales Anmeldedatum	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)
PCT/EP 98/04202	(Tag/Monat/Jahr) 07/07/1998	08/07/1997
Anmelder		
WOBBEN, Aloys et al.		
Dieser internationale Recherchenbericht wurde Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Inte		nörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß
Dieser internationale Recherchenbericht umfaß  X Darüber hinaus liegt ihm jeweils ein		r. n Unterlagen zum Stand der Technik bei.
1. Bestimmte Ansprüche haben sich	h als nichtrecherchlerbar erwiesen (Sie	ehe Feld I).
2. Mangelnde Einheitlichkeit der Erf	findung(siehe Feld II).	
	st <b>ein Protokoll einer Nucleotid- und/oc</b> e des Sequenzprotokolls durchgeführt,	der Aminosäuresequenz offenbart; die internationale
das zus	sammen mit der internationalen Anmeldu	ng eingereicht wurde.
das von	m Anmelder getrennt von der internationa	alen Anmeldung vorgelegt wurde,
		war, daß der Inhalt des Protokolls nicht über den Anmeldung in der eingereichten Fassung hinausgeht.
das vo	n der Internationalen Recherchenbehörd	e in die ordnungsgemäße Form übertragen wurde.
4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindu	na	
	r vom Anmelder eingereichte Wortlaut ge	enehmiat.
	der Wortlaut von der Behörde wie folgt fe	•
5. Hinsichtlich der Zusammenfassung		
X wird de	r vom Anmelder eingereichte Wortlaut ge	nehmigt.
festgese	etzt. Der Anmelder kann der Internationa	ld III angegebenen Fassung von dieser Behörde Jen Recherchenbehörde innerhalb eines Monats nach en Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.
	-	- · · ·
6. Folgende Abbildung der <b>Zeichnungen</b> ist n		hen:
Abb. Nr. 4,7 wie vom	n Anmelder vorgeschlagen	keine der Abb.
weil der	r Anmelder selbst keine Abbildung vorges	schlagen hat.
X weil die	se Abbildung die Erfindung besser kennz	zeichnet.

### INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT



Internationales Aktenzeichen PCT/EP 98/04202

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 H02K1/24 H02K19/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

#### B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  $IPK \ 6 \quad H02K \quad F03D$ 

Recherchlerte aber nicht zum Mindestprüfstoffgehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WANG F X ET AL: "WAVEFORM OPTIMIZATION DESIGN OF AN AC CONVERTER MACHINE" Mai 1989 , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 25, NR. 3, PAGE(S) 436 - 440 XP000039074	1,3-5,16
Υ	siehe Seite 438, Spalte 2, Absatz 2 - Seite 440, Spalte 1, Absatz 1; Abbildungen 1,4,10-12	8-13,15
A		2
Х	DE 622 115 C (A. MANDL) 5. Juni 1926 siehe das ganze Dokument	5-7
X	AT 352 824 B (ELIN UNION AG) 10. Oktober 1979 siehe Seite 2, Zeile 16 - Zeile 22; Anspruch 1; Abbildung 1	5-7
i	-/	

	-/
Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	X Siehe Anhang Patentfamilie
<ul> <li>Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</li> <li>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</li> <li>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</li> <li>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werdesoll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</li> <li>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</li> <li>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</li> </ul>	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach deminternationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  28. Oktober 1998	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  11/11/1998
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bedlensteter  Roy, C

1

### INTERNATION LER RECHERCHENBERICHT



internationales Aktenzeichen PCT/EP 98/04202

C.(Fortsetz	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht komr	nenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 1 215 804 A (L'ECLAIRAGE DES VEHICULES SUR RAIL) 20. April 1960 siehe Seite 1, Spalte 1, Absatz 4 - Spalte 2, Absatz 2		8-12
Y	US 1 369 765 A (R. L. ALEXANDER) 1. März 1921		13,15
P	siehe Abbildung 1		14
<b>A</b> :	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 182 (E-131), 18. September 1982 & JP 57 097337 A (HITACHI LTD), 17. Juni 1982 siehe Zusammenfassung		8-12
4	H. JORDAN, S. NOWACK, M. WEIS: "ÜBER DEN MAGNETISCHEN LÄRM VON SYNCHRONMASCHINEN" AT-Z ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU, Nr. 1, Januar 1967, Seiten 1-8, XP002082420 WIEN siehe Seite 4, Absatz 5.2		5
		÷ .	
1			

# INTERNATIONER RECHERCHENBERICHT Angaben zu Veröffen gen, die zur selben Patentfamilie gehören



Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/04202

lm Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Mitglied(er) der Veröffentlichung Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
DE 622115	С		KEINE		
AT 352824	В	10-10-1979	AT	856377 A	15-03-1979
FR 1215804	A	20-04-1960	KEINE		
US 1369765	Α	01-03-1921	KEINE		

### INTERNATI AL SEARCH REPORT

| Application No PCT/EP 98/04202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H02K1/24 H02K19/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

#### B. FIELDS SEARCHED

 $\begin{array}{ccc} \text{Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)} \\ IPC & 6 & H02K & F03D \end{array}$ 

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WANG F X ET AL: "WAVEFORM OPTIMIZATION DESIGN OF AN AC CONVERTER MACHINE" May 1989 , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 25, NR. 3, PAGE(S) 436 - 440 XP000039074	1,3-5,16
Υ	see page 438, column 2, paragraph 2 - page 440, column 1, paragraph 1; figures 1,4,10-12	8-13,15
Α		2
X	DE 622 115 C (A. MANDL) 5 June 1926 see the whole document	5–7
X	AT 352 824 B (ELIN UNION AG) 10 October 1979 see page 2, line 16 - line 22; claim 1; figure 1/	5-7

X Further documents are listed in the continuation of box C.	Patent family members are listed in annex.
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  "E" earlier document but published on or after the international filing date  "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.  "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of theinternational search	Date of mailing of the international search report
28 October 1998	11/11/1998
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2	Authorized officer
NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo ni, Fax: (+31-70) 340-3016	Roy, C

1

### INTERN. ONAL SEARCH REPORT

Internati Application No
PCT/EP 98/04202

		PCT/EP 98	3/ 04202
C.(Continu	ation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages		Relevant to claim No.
Y	FR 1 215 804 A (L'ECLAIRAGE DES VEHICULES SUR RAIL) 20 April 1960 see page 1, column 1, paragraph 4 — column 2, paragraph 2		8-12
Y	US 1 369 765 A (R. L. ALEXANDER) 1 March 1921		13,15
4	see figure 1		14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 182 (E-131), 18 September 1982 & JP 57 097337 A (HITACHI LTD), 17 June 1982 see abstract		8-12
A	H. JORDAN, S. NOWACK, M. WEIS: "ÜBER DEN MAGNETISCHEN LÄRM VON SYNCHRONMASCHINEN" AT-Z ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU, no. 1, January 1967, pages 1-8, XP002082420 WIEN see page 4, paragraph 5.2		5

### INTERNAT

## AL SEARCH REPORT

In. .. mation on patent family members

Internation Application No PCT/EP 98/04202

Patent document cited in search repor	t ·	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 622115	С		NONE		
AT 352824	В	10-10-1979	AT 856377	Α	15-03-1979
FR 1215804	Α	20-04-1960	NONE		
US 1369765	A	01-03-1921	NONE		

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

### INTERNATIONALL. RECHERCHENBERICHT

PCT/EP 98/04202

		'	C1/L1 30/042	- UL
A. KLASS IPK 6	ifizierung des anmeldungsgegenstandes H02K1/24 H02K19/22			
Nach der in	iternationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klat	ssilikation und der IPK		
B. RECHE	RCHIERTE GEBIETE	<del></del>		
Recherchie IPK 6	rter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbo H02K F03D	ole)		
Recherchie	rte aber nicht zum Mindestprülstoff gehörende Veröffentlichungen, so	weit diese unter die recher	chierten Gebiete fallen	
Während de	er internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (N	lame der Datenbank und e	vtl. verwendete Suchbe	griffe)
C. ALS WE	ESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN			
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angab	e der in Betracht kommend	en Teile	Betr. Anspruch Nr.
х	WANG F X ET AL: "WAVEFORM OPTIMI DESIGN OF AN AC CONVERTER MACHINE Mai 1989 , IEEE TRANSACTIONS ON I APPLICATIONS, VOL. 25, NR. 3, PAGE	E" Industry		1,3-5,16
Υ	- 440 XP000039074 siehe Seite 438, Spalte 2, Absatz 2 - Seite 440, Spalte 1, Absatz 1; Abbildungen 1,4,10-12			8-13,15
A				2
Х	DE 622 115 C (A. MANDL) 5. Juni 1 siehe das ganze Dokument	1926		5–7
X	AT 352 824 B (ELIN UNION AG) 10. Oktober 1979 siehe Seite 2, Zeile 16 - Zeile 2 Anspruch 1; Abbildung 1	22;		5–7
	tere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu ehmen	X Siehe Anhang Pa	tentfamilie	
"A" Veröffe aber n "E" älteres Anmel "L" Veröffet schein ander soll od ausge "O" Veröffe eine B "P" Veröffe dem b	ter die ans einem virreien besonderen Grand Wildedeben ist (Mie	Anmeldung nicht kollic Erfindung zugrundelie Theorie angegeben is "X" Veröffentlichung von b kann altein aufgrund c erfinderischer Tätigke "Y" Veröffentlichung von b kann nicht als auf erfili werden, wenn die Ver Veröffentlichungen die diese Verbindung für « "&" Veröffentlichung, die M	tum veröffentlicht worde idert, sondern nur zum \ genden Prinzips oder d t sesonderer Bedeutung; celleser Veröffentlichung i it beruhend betrachtet v essonderer Bedeutung; charischer Tätigkeit ben öffentlichung mit einer o seer Kategorie in Verbin einen Fachmann nahelie	in ist und mit der Verständnis des der er ihr zugrundellegenden tie beanspruchte Erfindung nicht als neu oder auf verden tie beanspruchte Erfindung ihend betrachtet der mehreren anderen dung gebracht wird und egend ist tamilie ist
2	8. Oktober 1998	11/11/199	98	
Name und F	Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bedi	ensteter	

### INTERNATIONALER CHERCHENBERICHT

PCT/EP 98/04202

		PCT/EP 98	7 04202
C.(Fortsetz	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht komm	nenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 1 215 804 A (L'ECLAIRAGE DES VEHICULES SUR RAIL) 20. April 1960 siehe Seite 1, Spalte 1, Absatz 4 - Spalte 2, Absatz 2		8-12
Υ	US 1 369 765 A (R. L. ALEXANDER) 1. März 1921		13,15
Α .	siehe Abbildung 1		14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 182 (E-131), 18. September 1982 & JP 57 097337 A (HITACHI LTD), 17. Juni 1982 siehe Zusammenfassung		8-12
A	H. JORDAN, S. NOWACK, M. WEIS: "ÜBER DEN MAGNETISCHEN LÄRM VON SYNCHRONMASCHINEN" AT-Z ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU, Nr. 1, Januar 1967, Seiten 1-8, XP002082420 WIEN siehe Seite 4, Absatz 5.2		5
	<del></del>		

1

### INTERNATIONALER & HERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungeri, "ie zur selben Patentfamilie gehören

Inicinati es Aktenzeichen
PCT/EP 98/04202

Im Recherchenberich ngeführtes Patentdoku		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 622115	С		KEINE	
AT 352824	В	10-10-1979	AT 856377 A	15-03-1979
FR 1215804	Α	20-04-1960	KEINE	
US 1369765	Α	01-03-1921	KEINE	

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentlamilie)(Juli 1992)

# VERTRAG Ü RIDIE INTERNATIONALE ZUSAM ENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

### **PCT**

### INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts		siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit		
W 1758		zutreffend, nachstehender Punkt 5		
Internationales Aktenzeichen	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)		
PCT/EP 98/04202	07/07/1998	08/07/1997		
Anmelder				
WOBBEN, Aloys et al.				
Dieser internationale Recherchenbericht wurd	de von der Internationalen Recherchenbehörde e	rstellt und wird dem Anmelder gemäß		
Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem In	ternationalen Büro übermittelt.			
Dieser internationale Recherchenbericht umfa	aßt insgesamt 3 Blätter.			
<del></del>	ine Kopie der in diesem Bericht genannten Unter	lagen zum Stand der Technik bei.		
Bestimmte Ansprüche haben si	ch als nichtrecherchierbar erwiesen (siehe Fe	ld I).		
2 Biomaninda Eimbaidiinkaid day E	indiana (aigh a Eald III)			
2. Mangeinde Einheitlichkeit der E	rrinaung(siene Feid II).			
	ist <b>ein Protokoll einer Nucleotid- und/oder Am</b> ige des Sequenzprotokolls durchgeführt,	ninosäuresequenz offenbart; die internationale		
das zu	usammen mit der internationalen Anmeldung ein	gereicht wurde.		
das vo	om Anmelder getrennt von der internationalen Ar	rmeldung vorgelegt wurde,		
	dem jedoch keine Erklärung belgefügt war, da	aß der Inhalt des Protokolls nicht über den eldung in der eingereichten Fassung hinausgeht.		
	Onor Data ingogorial do into manorialo in vinita	induity in deli dirigorololikom i dobang miladagoni.		
das v	von der Internationalen Recherchenbehörde in di	e ordnungsgemäße Form übertragen wurde.		
<del></del>				
4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfind	· ·			
	ler vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehm	<u>₹</u>		
wurde	e der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgese	izi.		
5. Hinsichtlich der Zusammenfassung				
X wird o	der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehm	igt.		
wurde	e der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der Feld III a	ngegebenen Fassung von dieser Behörde		
	esetzt. Der Anmelder kann der Internationalen Re Datum der Absendung dieses internationalen Re			
	W <sub>e</sub> :			
6. Folgende Abbildung der <b>Zeichnungen</b> is	et mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen:			
	om Anmelder vorgeschlagen	keine der Abb.		
	der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlag	en hat.		
X weild	liese Abbildung die Erfindung besser kennzeichn	et.		
ĺ				

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 1) (Juli 1992)

PATENT COOPERATION TREATY

### **PCT**

### INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference W 1758	EOD ETIDTHED ACTION	te Notification of Transmittal of International reliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)			
International application No.	International filing date (day/mor	th/year) Priority date (day/month/year)			
PCT/EP98/04202	07 July 1998 (07.07.19	98) 08 July 1997 (08.07.1997)			
International Patent Classification (IPC) or n H02K 1/24, 19/22	ational classification and IPC				
Applicant	WOBBEN, Aloys				
This international preliminary exa Authority and is transmitted to the a	mination report has been prepare pplicant according to Article 36.	d by this International Preliminary Examining			
2. This REPORT consists of a total of	6 sheets, including t	his cover sheet.			
This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).					
These annexes consist of a total of sheets.					
3. This report contains indications relating to the following items:					
I Basis of the report	t .				
II Priority					
III Non-establishmen	t of opinion with regard to novelty,	inventive step and industrial applicability			
IV Lack of unity of in	nvention				
V Reasoned stateme citations and explain	nt under Article 35(2) with regard to anations supporting such statement	o novelty, inventive step or industrial applicability;			
VI Certain document	s cited				
VII Certain defects in the international application					
VIII Certain observations on the international application					
Date of submission of the demand	Date of c	ompletion of this report			
20 January 1999 (20.0)		14 September 1999 (14.09.1999)			
Name and mailing address of the IPEA/EP European Patent Office D-80298 Munich, Germany	Authoriz	ed officer			
Facsimile No. 49-89-2399-4465	Telephor	ne No. 49-89-2399-0			

Form PCT/IPEA/409 (cover sheet) (January 1994)

Translation

### INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP98/04202

I. Basis of the report							
1. This report has been drawn on the basis of (Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.):							
	the international	application as originally filed.					
	the description,	pages 1-14	_, as originally filed,				
		pages	_, filed with the demand,				
!		pages	, filed with the letter of,				
		pages	, filed with the letter of				
$\boxtimes$	the claims,	Nos	_, as originally filed,				
<u> </u>		Nos.	, as amended under Article 19,				
		Nos.	, filed with the demand,				
		Nos. 1-15	, filed with the letter of 19 January 1999 (19.01,1999),				
		Nos.	, filed with the letter of				
	the drawings,	sheets/fig 1-25	_, as originally filed,				
<u> </u>		sheets/fig	_ , filed with the demand,				
		sheets/fig	, filed with the letter of,				
		sheets/fig	, filed with the letter of				
2. The amend	lments have result	ed in the cancellation of:					
	the description,	pages					
	the claims,	Nos.					
	the drawings,	sheets/fig					
			nendments had not been made, since they have been considered e Supplemental Box (Rule 70.2(c)).				
4. Additional	observations, if n	ecessary:					
ţ							
l							

### INTERNATIONAL PRESAMINARY EXAMINATION REPORT

ernational application No.
PCT/EP 98/04202

Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability;
 citations and explanations supporting such statement

1. Statement	1.	Statemen
--------------	----	----------

Claims		YES
Claims	1	NO
Claims		YES
Claims	2-15	NO
Claims		YES
Claims	1-15	NO
	Claims Claims Claims Claims	Claims         1           Claims         2-15           Claims         2-15

2. Citations and explanations

### Claim 1:

N, IS: The reference document:

E1: FENG X. WANG, "Waveform Optimization Design of an AC Converter Machine", pages 436-440 of May 1989

discloses a process for generating electrical energy using a synchronous generator as per the preamble of Claim 1 (see page 437, left-hand column, last paragraph and Figure 4).

Moreover, this reference document discloses that currents induced in a stator winding in operation are rectified using a rectifier circuit (see Figure 10) and the sum of the partial currents of the stator windings yields an almost constant direct current (see Figure 11(c) and page 438, right-hand column, last paragraph to page 439, left-hand column, first paragraph).

Therefore, since a process comprising all the features contained in Claim 1 is known from E1, the subject matter of Claim 1 has been anticipated (PCT

Form PCT/IPEA/409 (Box V) (January 1994)

### INTERNATIONAL PRESIMINARY EXAMINATION REPORT

PCT/EP 98/04202

Article 33(2)).

Claim 4:

N, IS: A synchronous generator is also described in E1, wherein a rectifier circuit coupled to a synchronous generator rectifies currents induced in a stator winding in operation.

The subject matter of Claim 4 differs from this prior art in particular in that the sum of the partial currents is smoothed to an almost constant direct current using a capacitor of the rectifier circuit.

This measure is a matter of routine practice, and therefore the subject matter of Claim 4 does not involve an inventive step (PCT Article 33(3)).

The features of dependent Claims 2 and 3 and 5 to 14 as well as use Claim 15 (see E1, page 440, last paragraph) clearly belong either to the knowledge of a person skilled in this particular art or are known from the prior art, and consequently Claims 2 and 3 and 5 to 15 also do not involve an inventive step (PCT Article 33(3)).

IA: Industrial applicability of the claimed process for generating electrical energy, the synchronous generator as well as the wind power plant is obvious.

### INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

In. onal application No. PCT/EP 98/04202

### VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

- 1. The preamble of Claim 1 lacks reference signs (PCT Rule 6.2(b)).
- The introductory part of the description does not indicate the relevant prior art (E1) (PCT Rule 5.1(a)(ii)).

### INTERNATIONAL PREMINARY EXAMINATION REPORT

ational application No.
PCT/EP 98/04202

	VIII.	Certain observations on	the international	application
--	-------	-------------------------	-------------------	-------------

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The expression "in particular" renders the backreference of Claims 5 and 8 unclear (PCT Article 6).



(51) Internationale Patentklassifikation 6: WO 99/03187 (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: H02K 1/24, 19/22 **A1** (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 21. Januar 1999 (21.01.99)

DE

PCT/EP98/04202 (21) Internationales Aktenzeichen:

7. Juli 1998 (07.07.98) (22) Internationales Anmeldedatum:

(71)(72) Anmelder und Erfinder: WOBBEN, Aloys [DE/DE];

Argestrasse 19, D-26607 Aurich (DE).

8. Juli 1997 (08.07.97)

(74) Anwalt: EISENFÜHR, SPEISER & PARTNER; Martinistrasse 24, D-28195 Bremen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AU, BR, CA, JP, MX, NO, NZ, TR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

#### Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen

(54) Title: SYNCHRONOUS ALTERNATOR FOR USE IN A WIND POWER PLANT AND WIND POWER PLANT

(54) Bezeichnung: SYNCHRONGENERATOR ZUM EINSATZ BEI WINDENERGIEANLAGEN SOWIE WINDENERGIEANLAGE

#### (57) Abstract

(30) Prioritätsdaten:

197 29 034.5

ţ

The invention relates to a method for producing electric power by means of a synchronous alternator comprising a stator having a stator winding and a rotor movable with respect to the stator, which has n poles and induces, in stator winding, electric voltage while a stator current flows through stator winding. The invention also provides such a synchronous alternator. According to the invention, it is provided that the time rate of the voltage induced in a stator winding or in a plurality of the stator windings substantially approximates the current rate in a stator winding or the sum of at least m partial currents (11, 12) in m stator windings. Furthermore, it is foreseen that, according to the invention, poles should have an asymmetric design or an asymmetric arrangement on the rotor (12).

### (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen elektrischer Energie mittels eines Synchrongenerators mit einem Generator-Stator mit einer Statorwicklung und einem relativ zum Stator bewegbaren Generator-Läufer, welcher n Pole aufweist und welcher in der Statorwicklung eine elektrische Spannung induziert, während die Statorwicklung von einem Statorstrom durchflossen wird, sowie einen Synchrongenerator. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß der zeitliche Verlauf der induzierten Spannung in einer Statorwicklung bzw. mehreren Statorwicklungen im wesentlichen dem Stromverlauf in einer Statorwicklung oder der Summe von wenigstens m Teilströmen 18 26 20 20 14 12 28 22

(11, 12) in m Statorwicklungen angenähert ist. Ferner ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Pole asymetrisch ausgebildet oder asymetrisch an dem Läufer (12) angeordnet sind.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	
AU	Australien	GA	Gabun	LV		SZ	Senegal
AZ	Aserbaidschan	GB			Lettland		Swasiland
		_	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
ВJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	[L	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	zw	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal Portugal		
cu	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumānien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		
i							

Synchrongenerator zum Einsatz bei Windenergieanlagen sowie Windenergieanlage

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Synchrongenerator zum Einsatz in Windenergieanlagen, mit einem Generator-Stator und einem relativ zum Stator bewegbaren Generator-Läufer, welcher n Pole aufweist, sowie eine Windenergieanlage mit einem Turm, einem an diesem angeordneten Rotor sowie einem von dem Rotor antreibbaren Generator.

Langsamdrehende Mehrphasen-Synchrongeneratoren für den Einsatz bei Windenergieanlagen sind bekannt. Direkt angetriebene Generatoren des vorgenannten Typs für Windenergieanlagen drehen im allgemeinen mit relativ kleinen Drehzahlen im Bereich von 20 bis 40 U/min. Für eine Leistung von ca. 1 bis 2 MW liegt die Drehzahl sogar noch niedriger und zwar im Bereich von etwa 10 bis 25 U/min. Bekannte Mehrpasen-Synchrongeneratoren des vorgenannten Typs werden in den Windenergieanlagen vom Typ E-40 oder E-66 der Firma Enercon Energieanlagen GmbH eingesetzt.

Bei diesen Windenergieanlagen weist der Mehrphasen-Synchrongenerator einen ringförmigen Stator auf, innerhalb dessen sich ein Läufer bewegt, welcher ohne Zwischenschaltung eines Getriebes direkt mit dem Rotor der Windenergieanlage gekoppelt ist. Der Läufer ist als Schenkelpolmaschine ausgeführt und weist eine Vielzahl von Polen mit Polschuhen auf, die auch als Polköpfe bezeichnet werden.

Die geforderte geringe Geräuschabgabe wird von den bisherigen Generatoren nicht immer erreicht, da diese im Betrieb zu stärkeren mechanischen Schwingungen angeregt werden, die sich auf andere Komponenten der Windenergeianlage wie den Rotor, das Maschinenhaus oder den Turm übertragen können und zur unerwünschten Geräuschabgabe führen. Insbesondere dann, wenn der Stator des Generators oder andere Komponenten mit ihrer sogenannten Eigenfrequenz zur Schwingung angeregt werden, ist die Geräuschabgabe besonders groß.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren, einen Generator sowie eine Windenergieanlage anzugeben, welches bzw. welcher die vorgenannten Probleme beseitigt.

Die gestellte Aufgabe wird durch ein Verfahren und einen Synchrongenerator mit den Merkmalen nach Anspruch 1 und 4 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß durch jede Drehmomentschwankung des Generators Anlaß für die Schwingungsanregung des Generators oder eines anderen Teils des Windenergiekonverters sein kann. Dies um so mehr, als bei einem Ringgenerator sehr große Drehmomente aufgebracht werden. Das Drehmoment des Generators ist proportional zum Gleichstrom durch eine Statorwicklung nach der Verkopplung hinter den Gleichrichterdioden. Hierbei gilt folgende Formel:

$$M = \frac{P}{\omega} = I_d \times U_d / \omega$$

mit P als Wirkleistung, M als Drehmoment,  $\omega$  als Drehfrequenz, I<sub>d</sub> als Gleichstrom und U<sub>d</sub> als Gleichspannung.

Da  $U_d$  konstant ist (Gleichspannungszwischenkreis) folgt: M (t) =  $I_d$  (t), wobei  $I_d$  (t) die Summe aller Ströme ist. Das Drehmoment M ist also direkt proportional der zeitlichen Summe aller Teilströme.

Wird nunmehr der Verlauf eines Teilstroms oder der zeitlichen Summe mehrerer Teilströme dem Verlauf der statorinduzierten Spannung angeglichen, wobei der zeitliche Verlauf der induzierten Spannung im wesentlichen trapezförmig ist, mit Abrundungen an den Auf- und Ablaufkanten sowie den Trapezdachkanten können Drehmoments-Schwankungen minimiert werden. Es wurde herausgefunden, daß durch Ausbildung des vorbeschriebenen Strom- und Spannungsverlaufes nicht nur die auftretenden Kräfte am Umfang von einer Statornut zur nächsten drastisch reduziert werden können, sondern auch der tangentiale Kraftverlauf am Umfang von einer Statornut zur nächsten wesentlich geglättet wird, was insgesamt zu einer erheblichen Reduzierung der Schwingungsanregung führte und was schließlich auch eine erhebliche Reduzierung des Schall-Leistungspegels des Synchrongenerators zur Folge hatte. Die gewünschten Signalformen des Stroms und der Spannung können beispielsweise durch folgende wesentliche Maßnahmen am Läufer erreicht werden:

- a) asymmetrische Verteilung der einzelnen Pole über den Umfang des Polrades;
- eine Änderung der Polschuhgeometrie dahingehend, daß der Polkopf in Obenaufsicht im wesentlichen pfeilförmig ausgeführt ist und in seinem Querschnitt einer Trapezform angenähert ist.

Beide Maßnahmen können gesondert aber auch in Kombination zusammen mit weiteren Maßnahmen am Generator ausgeführt werden, um das gewünschte Ziel der Geräuscharmut zu realisieren.

Bei den bisherigen Läufern von Mehrphasen-Generatoren sind die einzelnen Polschuhe in einem konstanten Abstand zueinander angeordnet. Bei einer solchen Verteilung aller Pole mit gleichem Abstand über den Läuferumfang passieren alle - vorderen oder hinteren - Polkanten synchron und zur gleichen Zeit eine jeweils am Stator gegenüberliegend angeordnete Nut des Stators. Dies hat zur Folge, daß an jeder Nut des Stators ein mechanischer Impuls entsteht, der eine Schwingung des Stators anregen kann. Die Pole regen also durch die Kraft des Magnetfeldes den Stator an, zu schwingen. Diese Anregungsfrequenz  $F_{an} = (n/60 \times Nuten)$  kann exakt die Eigenfrequenz des Stators treffen, so daß dieser sehr laute Geräusche erzeugt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Läufer mit Polen ausgebildet, deren Abstände zueinander nicht konstant ist. Im Gegensatz zu den bekannten Anordnungen mit konstanten Polabständen haben erfindungsgemäß vari-

ierende Polabstände zur Folge, daß nicht mehr gleichzeitig mehrere mechanische, potentiell eine Schwingung induzierende Impule von den die Nut eines Stators passierenden Polen des Läufers auf den Stator übertragen werden, so daß weniger Geräusche entstehen. Alternativ können die mehreren Pole Polköpfe mit unterschiedlichen Breiten aufweisen, um die erfindungsgemäßen Effekte zu erzielen.

In vorteilhafter Weise ist der Läufer mit Polen mit drei verschiedenen Polabständen a, b, c (a:  $\tau_P$ ; b:  $\tau_P + \frac{1}{3} * \tau_N$ ;c:  $\tau_P - \frac{1}{3} * \tau_N$ ) ausgelegt. Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird die Anregungsfrequenz für den Stator und den Läufer um den Faktor 3 erhöht. Die Anregungsamplitude reduziert sich dabei auf ein Drittel der normalen Anregung.

Es ist also möglich, durch eine Variation der Polabstände die anregende Frequenz zu erhöhen bei gleichzeitiger Reduzierung der Amplitude, wodurch im Ergebnis eine Schwingungsanregung des Generatorstators entscheidend und deutlich erschwert wird. Dies hat allein bereits eine erhebliche Geräuschminimierung zur Folge.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe bei einem Synchrongenerator der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Pole des Läufers mindestens eine an einem Polkopf ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung des Läufers schräg angeordnete Kante aufweisen.

Bei einem Synchrongenerator mit dem vorgeschriebenen Polkopf wird die Geräuschentwicklung ebenfalls stark minimiert, da die die Schwingungen des Stators verursachenden Kräfte, die während des Betriebs des Generators auf den Stator wirken, erheblich reduziert werden können. Dies wird durch die schräg angeordnete Kante des Polkopfs erreicht. Die die Schwingungen verursachenden Kräfte entstehen nämlich im wesentlichen während eines Übergangs des magnetischen Flusses von einem Nutsteg zum benachbarten Nutsteg; der Fluß verläuft dabei durch zwei benachbarte Pole des Läufers und den Luftspalt sowie einen Teil des Stators. Während des Übergangs von einem Nutsteg zum benachbarten Nutsteg wird der magnetische Fluß sprunghaft zum benachbarten Nutsteg verschoben - erst quasi für einen Moment unterbrochen - bis der nachfolgende Nutsteg die Position des zuvor an einem bestimmten Ort angeordneten Nutsteg erreicht hat und der magnetische Kreis wieder geschlossen ist.

Bei den bekannten Generatoren ist die in Bewegungsrichtung des Läufers vordere Kante eines Nutsteges stets exakt rechtwinklig zu der Bewegungsrichtung des Läufers angeordnet. Gleiches gilt für die in Bewegungsrichtung hinteren Kanten eines Polschuhs. Durch diese rechtwinklige Anordnung erreicht der sich drehende Nutsteg über seine gesamte Breite zu einem Zeitpunkt schlagartig eine bestimmte Nut des Ständers des Generators, so daß der zuvor beschriebene Übergang des magnetischen Flusses von einem Nutsteg zum nachfolgenden Nutsteg entsprechend "schlagartig" zu einem Zeitpunkt erfolgt. Aus diesem schlagartigen oder abrupten Übergang resultieren entsprechend große, die mechanischen Schwingungen verursachende Kräfte, so daß laute Geräusche entstehen.

Im Gegensatz hierzu wird erfindungsgemäß durch die schräge Anordnung der Vorderkante eines Polschuhs relativ zur Bewegungsrichtung des Läufers ein nicht abrupter, sondern allmählicher Übergang des magnetischen Flusses von einem Nutsteg zum nächsten realisiert, da ein Nutsteg zunächst mit seinem in Bewegungsrichtung vordersten Abschnitt der Vorderkante in den Bereich einer bestimmten Ständer-Nut kommt, und anschließend kontinuierlich weitere Abschnitte des Nutsteges in den Bereich der Nut gelangen. In Versuchen ist entsprechend festgestellt worden, daß die die Schwingungsgeräusche verursachenden Kräfte an dem Stator erheblich kleiner sind als bei den herkömmlichen Generatoren. Dadurch ist die Geräuschemission entsprechend reduziert.

Ein weiterer Effekt der Erfindung ist, daß die in den Ständerwicklungen induzierten Spannungen in ihrem zeitlichen Verlauf entsprechend dem schrägen Verlauf der Kante der Polkopfes variierbar ist.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die in Bewegungsrichtung des Läufers vordere Kante eines Polkopfes zwei winklig zueinander angeordnete, in eine Spitze zulaufende Kantenabschnitte aufweist. Auf diese Weise können die die Geräusche verursachenden Kräfte weiter reduziert werden, und die Polköpfe sind im wesentlichen symmetrisch ausgebildet. Die Spitze weist dabei z. B. in Bewegungsrichtung des Läufers oder umgekehrt.

Vorzugsweise sind die Kantenabschnitte in einem Winkel von etwa 100° bis 140°, vorzugsweise 120° in bezug auf die Bewegungsrichtung des Läufers angeordnet. Die Breite b - Fig. 7 - eines Kantenabschnitts stimmt somit im wesentlichen mit dem Nutenabstand überein. Es ist gefunden worden, daß bei dieser Geometrie ein besonders verlustarmer Übergang des magnetischen Flusses bei geringer Geräuschentwicklung realisiert werden kann.

Eine weitere besonders bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß die Pole des Läufers mindestens eine an einem Polkopf ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung des Läufers im wesentlichen schräg verlaufende hintere Kante aufweisen. Zweckmäßigerweise weist die in Bewegungsrichtung des Läufers hintere Kante eines Polkopfes zwei winklig zueinander angeordnete Kantenabschnitte auf, die parallel zu den an der vorderen Kante ausgebildeten Kantenabschnitten verlaufen, so daß der Polkopf in einer Draufsicht im wesentlichen pfeilförmig ausgebildet ist.

An der in Bewegungsrichtung hinteren Kante treten bei dieser Ausführungsform die zuvor beschriebenen, an der Vorderkante auftretenden Effekte ebenfalls an der hinteren Kante auf, so daß Geräusche weiter reduziert werden können und des Spannungsverlauf angepaßt ist. Darüber hinaus ermöglicht diese Maßnahme eine nahe Anordnung benachbarter Polköpfe, da diese kongruente Formen haben und sozusagen "ineinander passen".

Gemäß einem weiteren besonders vorteilhaften Aspekt der Erfindung hat ein Polkopf im Querschnitt etwa die Form eines Trapezes. Auf diese Weise hat die in dem Stator induzierte Spannung im zeitlichen Verlauf eine ebenfalls trapezförmige Form. Im Gegensatz hierzu sind die Polköpfe bei den herkömmlichen Generatoren als Sinusbögen geformt, um sinusförmige Spannungen zu erzeugen. Erfindungsgemäß lassen sich trapezförmige Spannungen induzieren. Bei einem trapezförmigen Spannungsverlauf ist die Amplitude über einen großen Zeitbereich konstant, so daß auf aufwendige Gleichstromfilter verzichtet werden kann oder diese wesentlich kleiner und somit kostengünstiger ausgeführt werden können. Entsprechend dem Spannungsverlauf liefert der erfindungsgemäße Generator gemäß dieser Ausführungsform ein nahezu konstantes Drehmoment über den Drehwinkel. Ferner ist der sogenannte Oberwellengehalt des Drehmoments sehr gering für eine Stromrichtermaschine. Bei den herkömmlichen Polköpfen sind die Oberwellen im Drehmomentenverlauf nachteilig.

Bei trapezförmiger Ausbildung des Polkopfes können ferner die Streufeldverluste, die beim Übergang von einem Polkopf zum nächsten entstehen, reduziert werden. Gemäß einer Weiterbildung sind die Kanten des trapezförmigen Polkopfes abgerundet. Auch hierdurch können Schwingungen sowie Streufeldverluste reduziert werden. Wichtig ist, daß ein Polkopf im Randbereich eine beidseitige Querschnittsverringerung aufweist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert. In der Zeichnung stellen dar:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Windkraftanlage mit einem Synchrongenerator in einer schematischen Darstellung; Fig. 2 einen Läufer eines Generators mit variierendem Abstand der Polschuhe oder Polköpfe als schematische Darstellung: einen vergrößerten Ausschnitt des Läufers aus Fig. 2; Fig. 3 Fig. 4 einen Abschnitt eines Läufers und eines Stators des Synchrongenerators in schematischer Darstellung; Fig. 5 einen erfindungsgemäßen Pol eines Läufers in einer Seitenansicht; Fig. 6 den Pol aus Fig. 5 in einer Draufsicht; Fig. 7 einen erfindungsgemäßen Pol als Draufsicht sowie ein zugehöriges Stator-Spannungs-Zeit-Diagramm; ein weiteres Stator-Spannungs-Zeit-Diagramm; Fig. 8 Fig. 9 ein weiteres Stator-Spannungs-Zeit-Diagramm; Fig. 10 eine schematische Darstellung der Statorwicklung als 6-Phasen-Wicklung; Fig. 11 ein den tangentialen Kraftverlauf am Umfang einer Statornut varanschaulichendes Kraft-Weg-Diagramm bei herkömmlichen Synchrongeneratoren; ein den tangentialen Kraftverlauf am Umfang einer Statornut Fig. 12 veranschaulichendes Kraft-Weg-Diagramm bei einem erfindungsgemäßen Synchrongenerator; Fig. 13 ein den tangentialen Kraftverlauf am Umfang einer Statornut veranschaulichendes Kraft-Weg-Diagramm bei einem weiteren erfindungsgemäßen Synchrongenerator; Fig. 14 ein weiteres Kraft-Weg-Diagramm eines erfindungsgemäßen Synchrongenerators, bei dem eine Pfeilung um eine halbe Nutbreite bzw. eine ganze Nutbreite verwirklicht ist: ein weiteres Kraft-Weg-Diagramm eines Synchrongenerators mit Fig. 15 Pfeilung um eine Nutbreite und asymmetrische Pol-Anordnung;

Fig. 16	ein Strom-Zeit-Diagramm des Generatorstroms;
Fig. 17	ein Strom-Zeit-Diagramm eines gleichgerichteten Stroms eines Drei- Phasen-Systems;
Fig. 18	ein Strom-Zeit-Diagramm gemäß Figur 1 mit 30° Phasenverschiebung;
Fig. 19	ein Strom-Zeit-Diagramm gemäß Figur 18 mit angezeichneten gleichgerichtetem Strom;
Fig. 20	ein Strom-Zeit-Diagramm mit einzelnen Phasenströmen und deren Summe;
Fig. 21	ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Polkopfes mit abgerundeten Kanten;
Fig. 22	ein zu Figur 21 gehöriges Spannungs-Zeit-Diagramm der Stator- Spannung
Fig. 23	ein weiteres Strom-Zeit-Diagramm einer Statorphase;
Fig. 24	ein weiteres Strom-Zeit-Diagramm einer Statorphase; und
Fig. 25	ein Strom-Zeit-Diagramm der Summe der in den Fig. 23 und 24 gezeigten Strömen.

Fig. 1 veranschaulicht schematisch eine erfindungsgemäße Windkraftanlage mit einem mittels einer Welle 2 von einem Rotor 3 ohne Zwischenschaltung eines Getriebes direkt angetriebenen Mehrphasen-Synchrongenerator 4, der in bekannter Weise innerhalb einer Gondel an einem Turm gelagert ist.

Das Drehmoment des Generators 4 wird bestimmt von der magnetischen Induktion B, dem Ankerstrom  $I_A$  und von dem Winkel zwischen diesen beiden Größen, während das magnetische Feld B durch die induzierte Spannung  $U_{ind}$  repräsentiert wird. Dieser Zusammenhang läßt sich durch die Formel M  $\sim$  B  $\cdot$   $I_A$  sin  $\omega$ T bzw. M  $\sim$  I  $U_{ind}$   $\cdot$   $I_A$  sin  $\omega$ T bei sinusförmigen Strömen beschreiben.

Der 6-Phasen aufweisende Synchrongenerator ist an eine Gleichrichterschaltung 6 mit mehreren Gleichrichterdioden 7 und einem Kondensator 8 angeschlossen, in dem von je einer der Wicklungen des Stators des Generators 4 eine Leitung 9 zwischen je zwei Gleichrichterdioden 7 führt, so daß im Betrieb eine gleichgerichte-

te Spannung an den Anschlußklemmen 10, 11 anliegt. Der Kondensator 8 ist zwischen die Anschlußklemmen 10, 11 geschaltet und sorgt für Spannungs- und Stromformen, die nach der Gleichrichtung einen annäherend idealen Gleichstrom ergeben.

Der in den Wicklungen des unten näher beschriebenen Stators des Generators 4 induzierte Strom hat im wesentlichen einen Gleichstromanteil und einen Wechselstromanteil, vgl. Fig 23 bis 25. Der Wechselstromanteil sorgt für einen relativ sanften Stromanstieg bzw. -abfall einer Stromhalbwelle des Ausgangsstroms einer der 6-Phasen. Die sogenannte Cos Φ - Schwingung sorgt für einen kontinuierlichen Stromübergang von einer Phase zur nächsten. Durch die in der Gleichrichterschaltung 6 vorgenommene Addition aller Phasenströme wird die an den Anschlußklemmen 10, 11 anliegende Spannung und der abgenommene Strom im wesentlichen geglättet sein. Für eine Glättung sorgt auch der Kondensator 8. Der erfindungsgemäße Generator 4 liefert nach der Gleichrichtung einen Gleichstrom mit nahezu konstanter Amplitude sowie ein nahezu konstantes Drehmoment über den Drehwinkel, so daß Gleichstromfilter entfallen oder deutlich kleiner ausgeführt werden können. Der Oberwellengehalt des Drehmoments ist klein. Ferner ist der erfindungsgemäße Generator 4 geräusch- und vibrationsärmer.

Aus den Fig. 2 und 3 ist ersichtlich, daß die Abstände  $\tau_{\rm P}$  der Pole 14 über den Umfang des Läufers 12 nicht konstant sind, sondern unterschiedliche Werte a, b und c annehmen können, nämlich einen ersten Polabstand a)  $\tau_{\rm P}$ , einen weiteren Polabstand b)  $\tau_{\rm P}$  + ½ \*  $\tau_{\rm N}$  sowie einen weiteren Polabstand  $\tau_{\rm P}$ -½ \*  $\tau_{\rm N}$ , wobei  $\tau_{\rm N}$  die Breite einer Nut (Nutbreite) des Stators ist. Somit ist eine über den Umfang asymmetrische Anordnung der Pole verwirklicht. Alternativ dazu oder kombiniert hiermit können die Polabstände auch durch Verschiebung eines Pols 14 um eine bestimmte Nutbreite realisiert werden.

Durch eine derartige asymmetrische Anordnung wird die Anregefrequenz für die in den Nuten angeordneten Wicklungen des Stators als Verschiebung um 1/3 der Nutbreite um den Faktor 3 erhöht gegenüber einer nicht verschobenen Anordnung. Die Amplitude der Anregungskraft reduziert sich aber auf 1/3 der Anregung bei nicht versetzter Anordnung. Alternativ können die Breiten der Polköpfe 20 über den Umfang des Läufers 12 unterschiedlich sein, um eine asymmetrische Ausbildung der Pole 14 zu erreichen, um die erfindungsgemäßen Effekte zu erzielen.

Fig. 4 veranschaulicht den magnetischen Fluß φ zwischen dem die Pole 14 aufweisenden Läufer 12 und dem Stator 16. Der von den Polen 14 erregte magnetische Fluß φ verläuft umlaufend gemäß den Linien 18 durch einen Pol 14,

den Luftspalt 18 und das Blechpaket des Stators 16 zurück durch den Luftspalt 18 in einen benachbarten Pol 14 des Läufers 12. Zwischen zwei benachbarten Polköpfen 20 kommt es zu einem Streufluß, vgl. Pfeile 22, der den zur Stromerzeugung nutzbaren magnetischen Fluß Φ verringert.

Der Läufer 12 ist als Schenkelpolmaschine ausgeführt. Die Form der Pole 14, insbesondere der Polköpfe 20 ist am besten aus den Fig. 5 bis 7 ersichtlich. Die Seitenansicht der Fig. 5 veranschaulicht, daß die Polköpfe 20 etwa die Form eines Trapezes mit Abrundungen an beiden Kanten 24, 26 des Polkopfes 20 aufweisen. Im Randbereich eines Polkopfes 20 verringert sich der Querschnitt des Polkopfes 20 in Richtung auf dessen Ende beidseitig. Der Querschnitt nimmt mit zunehmender Nähe zum Rand somit beidseitig ab.

Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, weist der Polkopf 14 in einer Draufsicht auf die dem Luftspalt 18 zugewandte Oberfläche die Form eines Pfeils auf. Die in Bewegungsrichtung des Läufers 12, die durch einen Pfeil 28 in den Fig. 4 bis 7 gekennzeichnet ist, vordere Kante 26 weist zwei winklig zueinander angeordnete zu einer Spitze 30 zusammenlaufende Kantenabschnitte 32, 34 auf, die in bezug auf die Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 und somit der Polköpfe 20 schräg angeordnet sind. Die Kantenabschnitte 32, 34 sind in bezug auf die Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 in einem Winkel von etwa 120° angeordnet.

Die in Bewegungsrichtung des Läufers 28 hintere Kante 24 eines Polkopfes 20 weist zwei ebenfalls in bezug auf die Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 schräg angeordnete Kantenabschnitte 36, 38 auf. Der Kantenabschnitt 36 ist parallel und um die Breite B (Fig. 6) versetzt zu dem vorderen Kantenabschnitt 32 und der Kantenabschnitt 38 parallel und um die Breite B versetzt zu dem Kantenabschnitt 34 der Vorder-Kante 26 angeordnet, so daß in der Ansicht der Fig. 6 der Polkopf 20 eine Pfeilform hat, die auch als Pfeilung bezeichnet wird.

Fig. 7 zeigt einen weiteren Pol 14, bei dem der Polkopf 20 ebenfalls der Draufsicht pfeilförmig ausgebildet ist. Gegenüber dem in Fig. 6 gezeigten Polkopf 20 weisen die Kantenabschnitte 32, 34, 36, 38 jedoch andere Winkel in bezug auf die Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 auf.

Im unteren Teil der Fig. 7 ist die in einer Wicklung des Stators 16 induzierte Spannung U über der Zeit t aufgetragen. Der Verlauf der Spannung ist etwa trapezförmig, was auf die Fig. 5 dargestellte in einer Seitenansicht sowie in einem Querschnitt trapezförmige Gestaltung des Polkopfes 20 zurückzuführen ist. Die

induzierte Spannung ist proportional zu dem magnetischen Fluß  $\Phi$ , der von den Polen 20 erregt wird und durch das Blechpaket des Stators 16 fließt. Der Fluß  $\Phi$  ist proportional zum magnetischen Feld B. Um eine trapezförmige Spannung zu induzieren, wie in Fig. 7 gezeigt ist, ist die Amplitude des magnetischen Feldes B über den Weg einer Polteilung bzw. des Polkopfes 20 ebenfalls trapezförmig. Im Randbereich eines Polkopfes, d.h. im Bereich der vorderen und hinteren Kanten 24, 26 des Polkopfes 20, hängt die Amplitude der magnetischen Induktion B und somit der induzierten Spannung U von der geometrischen Form der Kante 24, 26 ab, sowie vom Luftspalt 19. Im Ausführungsbeispiel sind die Kanten 24 und 26 abgerundet, sie können jedoch auch andere Formen annehmen, um den ansteigenden oder abfallenden Bereich des Spannungsverlaufes zwischen einer Spannung U = 0 und der maximalen Spannung zu variieren.

Die Fig. 8 und 9 zeigen Spannungs-Zeitverläufe der in den Wicklungen des Stators 16 induzierten Spannung U. Ist bei alternativen, nicht dargestellten Polköpfen ist beispielsweise der Winkel zwischen den schräg angeordneten Kantenabschnitten 32, 34, 36, 38 gegenüber der Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 größer und somit die Pfeilform in der Draufsicht spitzer, so entsteht ein zeitlich längerer Spannungsabschnitt mit ansteigender Spannung U bzw. mit abfallender Spannung U, während sich der Abschnitt konstanter, maximaler Spannung U zeitlich verkürzt, wie dies in Fig. 9 schematisch gezeigt ist.

Fig. 8 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel eines Polkopfes 20, bei dem der Winkel Kantenabschnitte 32, 34, 36, 38 gegenüber der Bewegungsrichtung 28 verringert ist, so daß zeitlich kürzere Spannungsanstiegs- bzw. Abstiegsabschnitte realisiert sind. Die Spannungsform kann somit gezielt durch die konkrete Geometrie der Polköpfe 20, insbesondere deren Pfeilform, variiert werden. Neben der Spannungsform kann auch eine tangential resultierende Kraft der Pole in Abhängigkeit von dem pfeilförmigen Polkopf 20 variiert werden. Je größer der Pfeilungsgrad ist, desto geringer ist die erzeugte tangential resultierende Kraft. Wenn eine schräge Kante 24, 26 (Figur 6 oder 7) eine gesamte Nut des Stators 16 bedeckt, wird die tangentiale Kraft sehr klein. Aber auch ein relativ kleiner Pfeilungsgrad, bei dem eine schräge Kante 24, 26 eine halbe Nut überdeckt, sorgt dafür, daß der zeitliche Verlauf der Kraft erheblich gleichmäßiger wird. Dadurch reduziert sich auch das von dem Generator emittierte Geräusch, da die Amplitude der Kraft Hauptanreger für den Schall ist. Kraftverläufe sind in den Figuren 11 bis 15 dargestellt.

Aus Fig. 10 ist die Anordnung der Wicklungen im Stator 16 ersichtlich, der 6 Phasen aufweist. Die Phase 1 ist an dem Umfang des Stators 16 (vgl. Fig. 4) bei 0°, Phase 2 bei 30°, Phase 3 bei 120°, Phase 4 bei 150°, Phase 5 bei 240° und Phase 6 bei 270° angeordnet. In nicht dargestellter Weise kann der Stator 60 mit Polzahlen von 60 bis 100 ausgeführt werden. Die Wicklungen können nach einer besonderen Wickelmethode angeordnet werden, bei der alle Pole 14 in einem Zug gewickelt sind, ohne daß Kontaktstellen, die häufig als "Brücken" bezeichnet werden, entstehen.

Aus dem in Fig. 11 dargestellten Kraft-Weg-Diagramm ist der Verlauf einer tangential am Umfang einer an dem einer Wicklung des Stators 16 angreifenden tangentialen Kraft in Abhängigkeit von dem Weg des Läufers 12 für einen herkömmlichen Synchrongenerator nach dem Stand der Technik dargestellt, bei der eine gleichmäßige Verteilung der einzelnen Pole über den Umfang des Läufers 12 vorgesehen ist. Es ist eine relativ große Amplitude der Kraft erkennbar.

Fig. 12 zeigt demgegenüber den Kraftverlauf bei einer erfindungsgemäßen asymmetrischen Anordnung und Verschiebung der einzelnen Pole 14 um eine halbe Nutbreite. Die Amplituden der Kraft in Abhängigkeit vom Weg (d.h. der Drehung des Läufers 12) und damit auch in Abhängigkeit von der Zeit sind deutlich niedriger als bei den bekannten Generatoren.

Fig. 13 zeigt einen Kraft-Weg-Verlauf bei einem erfindungsgemäßen Synchrongenerator mit einer asymmetrischen Anordnung der Pole entlang des Umfangs des Läufers 12 mit einer Verschiebung der Pole um 1/3 der Nutbreite. Auch aus Fig. 13 ist ersichtlich, daß die Amplituden der Kraft auf die Wicklungen des Stators 16 deutlich gegenüber den bei bekannten Generatoren auftretenden Kräften reduziert sind. Die durch die Kräfte verursachten Geräusche können erfindungsgemäß erheblich reduziert werden.

Aus dem in Figur 14 dargestellten Kraft-Weg-Diagramm, in dem die tangential resultierende Kraft der Pole 20 über dem Weg dargestellt ist, ist ersichtlich, daß durch die erfindungsgemäße Pfeilung der Polköpfe 20 geringere Kräfte resultieren gegenüber herkömmlichen Generatoren. Die Amplituden der dargestellten Kräfte sind am geringsten, wenn die Pfeilung derart ausgebildet ist, daß eine gegenüber der Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 schräge Kante 24, 26 eines Polkopfes 20 sich über eine ganze Nutbreite erstreckt, während bei einer Pfeilung derart, daß sich eine schräge Kante 24, 26 über eine halbe Nutbreite erstreckt, gegenüber herkömmlichen Generatoren reduzierte Kräfte erzeugt werden, die jedoch über den

zuvor beschriebenen liegen. Geräusche lassen sich auf diese Weise erheblich reduzieren, da die Amplitude der Krafthauptanreger für den Schall ist. Ein kurzer Kraftimpuls enthält ein sehr großes Anregungsfrequenzspektrum.

Aus Figur 15 ist ersichtlich, daß die Geräuschreduzierung am größten ist, wenn die Pfeilung sich über eine ganze Nutbreite erstreckt und eine erfindungsgemäße asymmetrische Anordnung der Pole 14 an dem Läufer 12 verwirklicht ist. Die dabei entstehenden tangentialen Kräfte sind sehr gering, so daß sich durch eine Kombination der beiden erfindungsgemäßen Maßnahmen ein maximaler Schallreduziereffekt ergibt. Die asymmetrische Anordnung der Pole 14 kann dabei gezielt so gewählt werden, daß bestimmte Anregerfrequenzen nicht auftreten.

Die Figuren 16 bis 20 veranschauliche Phasenströme in Abhängigkeit von der Zeit.

In Figur 16 ist der Stromverlauf einer Phase ohne asymmetrische Anordnung der Pole dargestellt.

Figur 17 veranschaulicht eine Überlagerung oder Summierung zweier Ströme eines Drei-Phasensystems mit einer Stromflußdauer, die größer als 120° ist. Die Überlagerung wird durch eine Gleichrichtung erzielt.

Aus Figur 18 ist ersichtlich, daß bei zusätzlicher Phasenverschiebung um 30° ein anderer Stromverlauf entsteht.

Figur 19 veranschaulicht die Gleichrichtung der in Figur 18 dargestellten Phasenströme, wobei die resultierende einen Gleichstrom mit geringer Welligkeit darstellt. Auf diese Weise werden nicht-sinusförmige Spannungen in den einzelnen Statorphasen erzeugt. Bei Berücksichtigung einer stark nicht linearen Last der Gleichrichterschaltung 6 mit Kondensator 8 (vgl. Figur 1), können Ströme erzeugt werden, die bei einer Verschiebung von 30° im Stator einen Strombelag mit einem Minimum an Drehmomentenschwankungen erzeugen.

Auch Figur 20 veranschaulicht die Beträge der Phasenströme mehrerer Stator-Wicklungen in dem oberen Abschnitt des Diagramms sowie die durch Gleichrichtung erzielte Summe der Beträge der Phasenströme in dem unteren Abschnitt des Diagramms.

Figur 21 veranschaulicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Poles 14 mit einem im wesentlichen trapezförmigen Polkopf 20 mit abgerundeten Endbereichen, die sich im Querschnitt beidseitig verringern.

Figur 22 zeigt schließlich ein Spannungs-Zeit-Diagramm, das eine in einem Stator induzierte Spannung, die durch Verwendung eines in Figur 21 gezeigten Pols 14 mit Hilfe eines erfindungsgemäßen Generators 4 erzeugt werden kann. Die Spannungsform hat abgerundete Kanten. Sie kann je nach Bedarf durch modifizierte Formen des Polkopfes 20 variiert werden, beispielsweise indem die abgerundeten Kanten stärkere Querschnittsverringerungen oder Rundungen aufweisen.

Das in Fig. 23 dargestellte Strom-Zeit-Diagramm einer Statorphase zeigt einen rechteckförmigen Stromverlauf, der den in den Wicklungen des unten näher beschriebenen Stators des Generators 4 induzierten Gleichstromanteil des Stroms zeigt.

Fig. 24 zeigt einen Wechselstromanteil des in einer Statorphase induzierten Stroms. Der Wechselstromanteil sorgt für einen relativ sanften Stromanstieg bzw. -abfall einer Stromhalbwelle des Ausgangsstroms einer der 6-Phasen. Die Cos Φ - Schwingung sorgt für einen kontinuierlichen Stromübergang von einer Phase zur nächsten.

Fig. 25 zeigt in einem Strom-Zeit-Diagramm die Summe - ein Rechteck mit der 6. Oberschwindung - der in den Fig. 23 und 24 gezeigten Ströme einer Statorphase wie auch in Fig. 20 dargestellt. Durch die in der Gleichrichterschaltung 6 vorgenommene Addition aller Phasenströme wird die an den Anschlußklemmen 10,11 anliegende Spannung und der abgenommene Strom im wesentlichen geglättet sein.

#### <u>Ansprüche</u>

- 1. Verfahren zum Erzeugen elektrischer Energie mittels eines Synchrongenerators mit einem Generator-Stator mit einer Statorwicklung und einem relativ zum Stator bewegbaren Generator-Läufer, welcher n Pole aufweist und welcher in der Statorwicklung eine elektrische Spannung induziert, während die Statorwicklung von einem Statorstrom durchflossen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Verlauf der induzierten Spannung in einer Statorwicklung bzw. mehreren Statorwicklungen im wesentlichen den Stromverlauf in einer Statorwicklung oder der Summe von wenigstens m Teilströmen (I1, I2) in m Statorwicklungen angenähert ist.
- 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator eine 6-Phasen-Statorwicklung aufweist, wobei jeweils zwei Phasen ein Phasenpaar bilden und die Addition der Ströme eines Phasenpaars im wesentlichen dem Verlauf der induzierten Spannung in den jeweils betroffenen Phasenwicklungen entspricht.
- 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Stator induzierte Spannung im wesentlichen eine Trapezform aufweist, welche in der Fourier-Analyse ein Minimum an hochfrequenten Anteilen enthält.
- 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe von N-Teilströmen in den Statorwicklungen (N>1) einen nahezu konstanten Gleichstrom ergibt.
- 5. Synchrongenerator zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Generator-Stator (16) und einem relativ zum Stator (16) bewegbaren Generator-Läufer (12), welcher n Pole (14) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole asymetrisch ausgebildet oder asymetrisch an dem Läufer (12) angeordnet sind.
- 6. Synchrongenerator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Pole (14) zueinander nicht konstant ist.

- 7. Synchrongenerator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) mit drei verschiedenen Polabständen an dem Läufer (12) angeordnet sind.
- 8. Synchrongenerator, insbesondere nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) des Läufers (12) mindestens eine an einem Polkopf (20) ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) im wesentlichen schräg verlaufende vordere Kante (26) aufweisen.
- 9. Synchrongenerator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die in Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) vordere Kante (26) eines Polkopfes (20) zwei winklig zueinander angeordnete, zu einer Spitze (30) zulaufende Kantenabschnitte (32, 34) aufweist.
- 10. Synchrongenerator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kantenabschnitte (32, 34) der vorderen Kante (26) in einem Winkel von etwa 100° bis 140°, vorzugsweise 120° in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) angeordnet sind.
- 11. Synchrongenerator nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) des Läufers (12) mindestens eine an einem Polkopf (20) ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) im wesentlichen schräg verlaufende hintere Kante (24) aufweisen.
- 12. Synchrongenerator nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die hintere Kante (24) zwei winklig zueinander angeordnete Kantenabschnitte (36, 38) aufweist, die parallel zu den an der vorderen Kante (26) ausgebildeten Kantenabschnitten (32, 34) verlaufen, so daß der Polkopf (20) in radialer Draufsicht im wesentlichen pfeilförmig ausgebildet ist.
- 13. Synchrongenerator, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Polkopf (20) eines Pols (14) im Querschnitt etwa die Form eines Trapezes hat.
- 14. Synchrongenerator nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch eine beidseitige Querschnittsverringerung im Randbereich des Polkopfes (20).

- 15. Synchrongenerator nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanten (24, 26) des Trapezes abgerundet sind.
- 16. Windenergieanlage, mit einem Turm, einem an diesem angeordneten Rotor sowie einem von dem Rotor antreibbaren Generator (4), dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (4) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche ausgebildet ist.



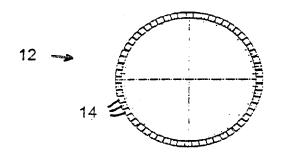
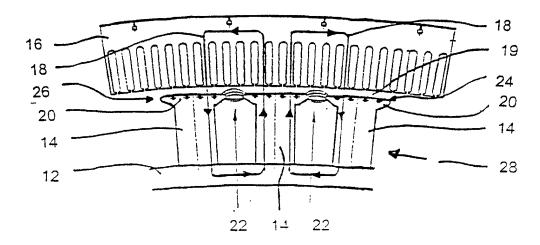
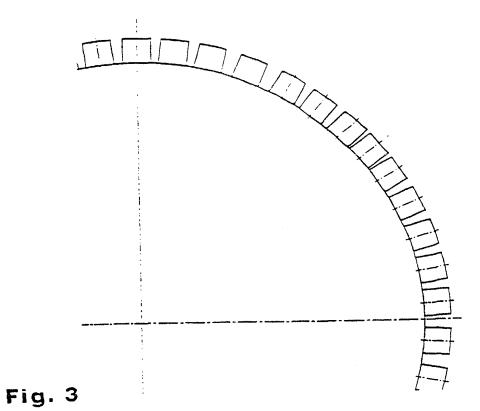


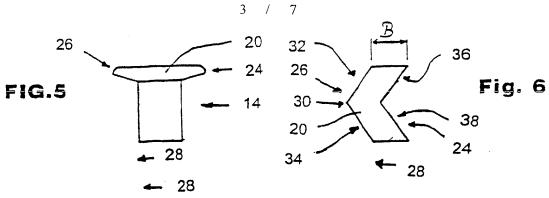
FIG.4

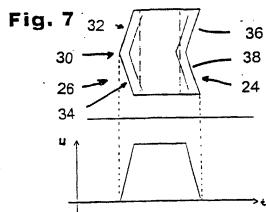


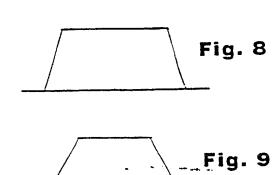
ERSATZBLATT (REGEL 26)



ERSATZBLATT (REGEL 26)







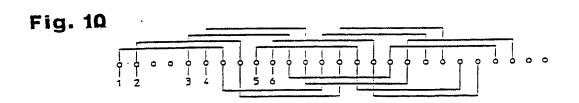


Fig. 11

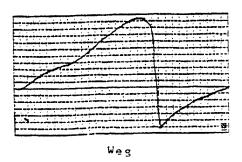
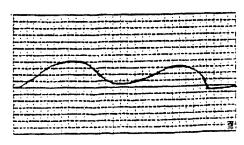


Fig. 12



Weg

Fig. 13

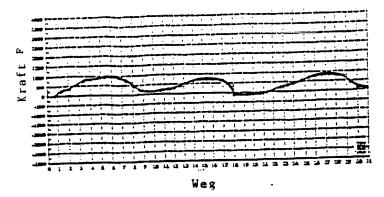


Fig. 14

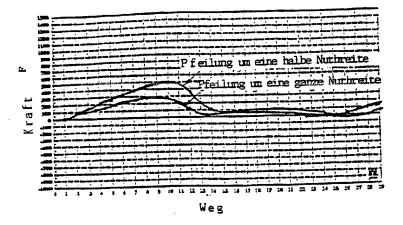
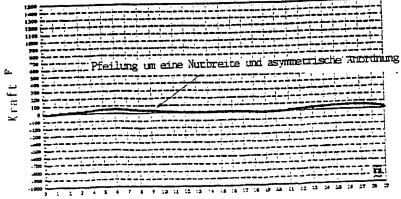


Fig. 15



Wan

Fig. 16

Fig. 17

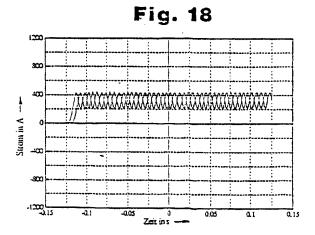


Fig. 19

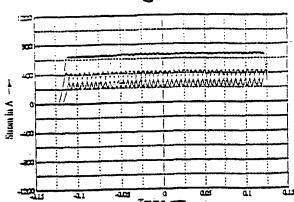


Fig. 20

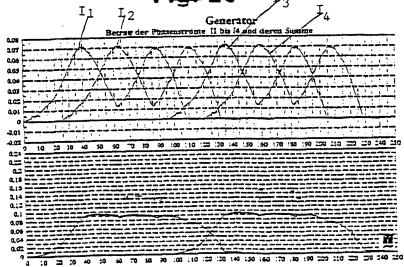


Fig. 21

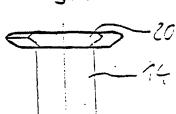


Fig. 22

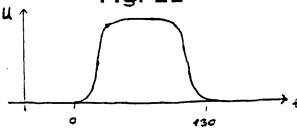
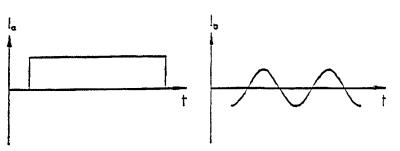
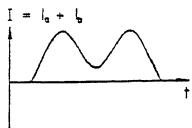


Fig. 23

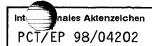
Fig. 24

Fig. 25





# INTERNATIONALER PECHERCHENBERICHT



A: KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES 1PK 6 H02K1/24 H02K19/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

#### B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  $IPK \ 6 \ HO2K \ FO3D$ 

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Х	WANG F X ET AL: "WAVEFORM OPTIMIZATION DESIGN OF AN AC CONVERTER MACHINE" Mai 1989 , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 25, NR. 3, PAGE(S) 436 - 440 XP000039074	1,3-5,16
Y	siehe Seite 438, Spalte 2, Absatz 2 - Seite 440, Spalte 1, Absatz 1; Abbildungen 1,4,10-12	8-13,15
Α	1,1,10	2
X	DE 622 115 C (A. MANDL) 5. Juni 1926 siehe das ganze Dokument	5-7
X	AT 352 824 B (ELIN UNION AG) 10. Oktober 1979 siehe Seite 2, Zeile 16 - Zeile 22; Anspruch 1; Abbildung 1	5-7
	-/	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	X Siehe Anhang Patentfamilie
<ul> <li>Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:</li> <li>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</li> <li>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</li> <li>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</li> <li>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</li> <li>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlichtworden ist</li> </ul>	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden  "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist  "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfarnilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28. Oktober 1998	11/11/1998
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Roy, C

### INTERNATIONALER ESCHERCHENBERICHT

nales Aktenzeichen PCT/EP 98/04202

		PCI/EP 9	<u> </u>
C₀(Fortsetz	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommen	nden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 1 215 804 A (L'ECLAIRAGE DES VEHICULES SUR RAIL) 20. April 1960 siehe Seite 1, Spalte 1, Absatz 4 - Spalte 2, Absatz 2		8-12
Υ	US 1 369 765 A (R. L. ALEXANDER) 1. März 1921		13,15
A	siehe Abbildung 1		14
Α	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 182 (E-131), 18. September 1982 & JP 57 097337 A (HITACHI LTD), 17. Juni 1982 siehe Zusammenfassung		8-12
A	H. JORDAN, S. NOWACK, M. WEIS: "ÜBER DEN MAGNETISCHEN LÄRM VON SYNCHRONMASCHINEN" AT-Z ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU, Nr. 1, Januar 1967, Seiten 1-8, XP002082420 WIEN siehe Seite 4, Absatz 5.2		5
		I.	

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT Information patent family members

Marke .

Int \_\_\_\_nal Application No PCT/EP 98/04202

Patent document cited in search report		Publication date		atent family nember(s)	Publication date
DE 622115	С		NONE		
AT 352824	В	10-10-1979	AT	856377 A	15-03-1979
FR 1215804	Α	20-04-1960	NONE	- Marie (1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 1966 - 196	
US 1369765	A	01-03-1921	NONE		





## **PCT**

#### INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference W 1758	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)		
International application No. PCT/EP98/04202	International filing date (day/month/year)   Priority date (day/month/year)   07 July 1998 (07.07.1998)   08 July 1997 (08.07.1997)		
International Patent Classification (IPC) or n H02K 1/24, 19/22	ational classification and IPC		
Applicant	WOBBEN, Aloys		
Authority and is transmitted to the a	mination report has been prepared by this International Preliminary Examining applicant according to Article 36. 6 sheets, including this cover sheet.		
been amended and are the b	nied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have asis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority 607 of the Administrative Instructions under the PCT).		
These annexes consist of a t	total of 3 sheets.		
3. This report contains indications rela	ting to the following items:		
I Basis of the report			
II Priority			
III Non-establishmen	t of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability		
IV Lack of unity of in	vention		
V Reasoned statement citations and explain	nt under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; anations supporting such statement		
VI Certain documents	s cited		
VII Certain defects in	the international application		
VIII Certain observations on the international application			
Date of submission of the demand	Date of completion of this report		
20 January 1999 (20.01	.1999) 14 September 1999 (14.09.1999)		
Name and mailing address of the IPEA/EP European Patent Office D-80298 Munich, Germany	Authorized officer		
Facsimile No. 49-89-2399-4465	Telephone No. 49-89-2399-0		



#### INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP98/04202

I. Basis of the	ereport		
			ets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation " and are not annexed to the report since they do not contain amendments.):
	the international	application as originally filed.	
$\boxtimes$	the description,	pages1-14	, as originally filed,
		pages	, filed with the demand,
		pages	
		pages	, filed with the letter of
$\boxtimes$	the claims,	Nos	, as originally filed,
الاسيكا		Nos	, as amended under Article 19,
		Nos	, filed with the demand,
		Nos. 1-15	, filed with the letter of
		Nos.	, filed with the letter of
$\boxtimes$	the drawings,	sheets/fig 1-25	, as originally filed,
		sheets/fig	, filed with the demand,
		sheets/fig	, filed with the letter of,
		sheets/fig	, filed with the letter of
2. The amend	ments have result	ed in the cancellation of:	
	the description,	pages	-
	the claims,	Nos	_
	the drawings,	sheets/fig	_
	_	-	
			mendments had not been made, since they have been considered he Supplemental Box (Rule 70.2(c)).
to go	ocyona me aisei	osure as mea, as maieated in t	ine Supplemental Box (reale 70.2(6)).
4. Additional	observations, if n	ecessary:	

### INTERNATIONAL PRE-MINARY EXAMINATION REPORT

PCT/EP 98/04202

NO

YES

NO

2-15

1 - 15

<b>v.</b>	Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement						
1.	Statement		j				
	Novelty (N)	Claims		YES			
		Claims	1	NO			
	Inventive step (IS)	Claims		YES			

Claims

Claims

Claims

2. Citations and explanations

Industrial applicability (IA)

Claim 1:

N, IS: The reference document:

E1: FENG X. WANG, "Waveform Optimization Design of an AC Converter Machine", pages 436-440 of May 1989

discloses a process for generating electrical energy using a synchronous generator as per the preamble of Claim 1 (see page 437, left-hand column, last paragraph and Figure 4).

Moreover, this reference document discloses that currents induced in a stator winding in operation are rectified using a rectifier circuit (see Figure 10) and the sum of the partial currents of the stator windings yields an almost constant direct current (see Figure 11(c) and page 438, right-hand column, last paragraph to page 439, left-hand column, first paragraph).

Therefore, since a process comprising all the features contained in Claim 1 is known from E1, the subject matter of Claim 1 has been anticipated (PCT

## INTERNATIONAL PRESIMINARY EXAMINATION REPORT

Article 33(2)).

#### Claim 4:

N, IS: A synchronous generator is also described in E1, wherein a rectifier circuit coupled to a synchronous generator rectifies currents induced in a stator winding in operation.

The subject matter of Claim 4 differs from this prior art in particular in that the sum of the partial currents is smoothed to an almost constant direct current using a capacitor of the rectifier circuit.

This measure is a matter of routine practice, and therefore the subject matter of Claim 4 does not involve an inventive step (PCT Article 33(3)).

The features of dependent Claims 2 and 3 and 5 to 14 as well as use Claim 15 (see E1, page 440, last paragraph) clearly belong either to the knowledge of a person skilled in this particular art or are known from the prior art, and consequently Claims 2 and 3 and 5 to 15 also do not involve an inventive step (PCT Article 33(3)).

IA: Industrial applicability of the claimed process for generating electrical energy, the synchronous generator as well as the wind power plant is obvious.

#### VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

- The preamble of Claim 1 lacks reference signs (PCT Rule 6.2(b)).
- The introductory part of the description does not indicate the relevant prior art (E1) (PCT Rule 5.1(a)(ii)).

### INTERNATIONAL PRE INARY EXAMINATION REPORT

#### VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The expression "in particular" renders the backreference of Claims 5 and 8 unclear (PCT Article 6).

# Internationale Anmeldung veröffentlicht nach dem vertrag über die Internationale zusammenarbeit auf dem gebiet des Patentwesens (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6: H02K 1/24, 19/22

A1

WO 99/03187 (11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:

21. Januar 1999 (21.01.99)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP98/04202

(22) Internationales Anmeldedatum:

7. Juli 1998 (07.07.98)

(81) Bestimmungsstaaten: AU, BR, CA, JP, MX, NO, NZ, TR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Prioritätsdaten:

197 29 034.5

8. Juli 1997 (08.07.97)

DE

(71)(72) Anmelder und Erfinder: WOBBEN, Aloys [DE/DE]; Argestrasse 19, D-26607 Aurich (DE).

(74) Anwalt: EISENFÜHR, SPEISER & PARTNER; Martinistrasse 24, D-28195 Bremen (DE).

#### Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen

(54) Title: SYNCHRONOUS ALTERNATOR FOR USE IN A WIND POWER PLANT AND WIND POWER PLANT

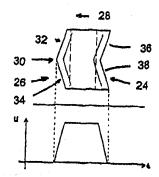
(54) Bezeichnung: SYNCHRONGENERATOR ZUM EINSATZ BEI WINDENERGIEANLAGEN SOWIE WINDENERGIEANLAGE

#### (57) Abstract

The invention relates to a method for producing electric power by means of a synchronous alternator comprising a stator having a stator winding and a rotor movable with respect to the stator, which has n poles and induces, in stator winding, electric voltage while a stator current flows through stator winding. The invention also provides such a synchronous alternator. According to the invention, it is provided that the time rate of the voltage induced in a stator winding or in a plurality of the stator windings substantially approximates the current rate in a stator winding or the sum of at least m partial currents (11, 12) in m stator windings. Furthermore, it is foreseen that, according to the invention, poles should have an asymmetric design or an asymmetric arrangement on the rotor (12).

#### (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen elektrischer Energie mittels eines Synchrongenerators mit einem Generator-Stator mit einer Statorwicklung und einem relativ zum Stator bewegbaren Generator-Läufer, welcher n Pole aufweist und welcher in der Statorwicklung eine elektrische Spannung induziert, während die Statorwicklung von einem Statorstrom durchflossen wird, sowie einen Synchrongenerator. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß der zeitliche Verlauf der induzierten Spannung in einer Statorwicklung bzw. mehreren Statorwicklungen im wesentlichen dem Stromverlauf in einer Statorwicklung oder der Summe von wenigstens m Tellströmen 18 26 14 22 14



(11, 12) in m Statorwicklungen angenähert ist. Ferner ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Pole asymetrisch ausgebildet oder asymetrisch an dem Läufer (12) angeordnet sind.

#### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Amnenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakci
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawich
CI	Côte d'Ivoire	KP -	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neusceland	zw	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen	***	
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD .	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	G. L		
EE	Estland	LR	Liboria	SG	Singapur	<ul> <li>1,246</li> </ul>	ing and the second of the seco

Synchrongenerator zum Einsatz bei Windenergieanlagen sowie Windenergieanlage

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Synchrongenerator zum Einsatz in Windenergieanlagen, mit einem Generator-Stator und einem relativ zum Stator bewegbaren Generator-Läufer, welcher n Pole aufweist, sowie eine Windenergieanlage mit einem Turm, einem an diesem angeordneten Rotor sowie einem von dem Rotor antreibbaren Generator.

Langsamdrehende Mehrphasen-Synchrongeneratoren für den Einsatz bei Windenergieanlagen sind bekannt. Direkt angetriebene Generatoren des vorgenannten Typs für Windenergieanlagen drehen im allgemeinen mit relativ kleinen Drehzahlen im Bereich von 20 bis 40 U/min. Für eine Leistung von ca. 1 bis 2 MW liegt die Drehzahl sogar noch niedriger und zwar im Bereich von etwa 10 bis 25 U/min. Bekannte Mehrpasen-Synchrongeneratoren des vorgenannten Typs werden in den Windenergieanlagen vom Typ E-40 oder E-66 der Firma Enercon Energieanlagen GmbH eingesetzt.

Bei diesen Windenergieanlagen weist der Mehrphasen-Synchrongenerator einen ringförmigen Stator auf, innerhalb dessen sich ein Läufer bewegt, welcher ohne Zwischenschaltung eines Getriebes direkt mit dem Rotor der Windenergieanlage gekoppelt ist. Der Läufer ist als Schenkelpolmaschine ausgeführt und weist eine Vielzahl von Polen mit Polschuhen auf, die auch als Polköpfe bezeichnet werden.

Generelles Ziel bei der Konstruktion und Auslegung des Generators ist es, daß dieser im Betrieb der Windenergieanlage möglichst wenig Geräusche abgibt, um die Umwelt möglichst wenig zu beeinträchtigen und letztlich auch die Akzeptanz von Windenergieanlagen insgesamt zu verbessern.

Die geforderte geringe Geräuschabgabe wird von den bisherigen Generatoren nicht immer erreicht, da diese im Betrieb zu stärkeren mechanischen Schwingungen angeregt werden, die sich auf andere Komponenten der Windenergeianlage wie den Rotor, das Maschinenhaus oder den Turm übertragen können und zur unerwünschten Geräuschabgabe führen. Insbesondere dann, wenn der Stator des Generators oder andere Komponenten mit ihrer sogenannten Eigenfrequenz zur Schwingung angeregt werden, ist die Geräuschabgabe besonders groß.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren, einen Generator sowie eine Windenergieanlage anzugeben, welches bzw. welcher die vorgenannten Probleme beseitigt.

Die gestellte Aufgabe wird durch ein Verfahren und einen Synchrongenerator mit den Merkmalen nach Anspruch 1 und 4 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß durch jede Drehmomentschwankung des Generators Anlaß für die Schwingungsanregung des Generators oder eines anderen Teils des Windenergiekonverters sein kann. Dies um so mehr, als bei einem Ringgenerator sehr große Drehmomente aufgebracht werden. Das Drehmoment des Generators ist proportional zum Gleichstrom durch eine Statorwicklung nach der Verkopplung hinter den Gleichrichterdioden. Hierbei gilt folgende Formel:

$$M = \frac{P}{\omega} = I_d \times U_d / \omega$$

mit P als Wirkleistung, M als Drehmoment,  $\omega$  als Drehfrequenz,  $I_d$  als Gleichstrom und  $U_d$  als Gleichspannung.

Da  $U_d$  konstant ist (Gleichspannungszwischenkreis) folgt: M (t) =  $I_d$  (t), wobei  $I_d$  (t) die Summe aller Ströme ist. Das Drehmoment M ist also direkt proportional der zeitlichen Summe aller Teilströme.

Wird nunmehr der Verlauf eines Teilstroms oder der zeitlichen Summe mehrerer Teilströme dem Verlauf der statorinduzierten Spannung angeglichen, wobei der zeitliche Verlauf der induzierten Spannung im wesentlichen trapezförmig ist, mit Abrundungen an den Auf- und Ablaufkanten sowie den Trapezdachkanten können Drehmoments-Schwankungen minimiert werden. Es wurde herausgefunden, daß durch Ausbildung des vorbeschriebenen Strom- und Spannungsverlaufes nicht nur die auftretenden Kräfte am Umfang von einer Statornut zur nächsten drastisch reduziert werden können, sondern auch der tangentiale Kraftverlauf am Umfang von einer Statornut zur nächsten wesentlich geglättet wird, was insgesamt zu einer erheblichen Reduzierung der Schwingungsanregung führte und was schließlich auch eine erhebliche Reduzierung des Schall-Leistungspegels des Synchrongenerators zur Folge hatte. Die gewünschten Signalformen des Stroms und der Spannung können beispielsweise durch folgende wesentliche Maßnahmen am Läufer erreicht werden:

- a) asymmetrische Verteilung der einzelnen Pole über den Umfang des Polrades;
- b) eine Änderung der Polschuhgeometrie dahingehend, daß der Polkopf in Obenaufsicht im wesentlichen pfeilförmig ausgeführt ist und in seinem Querschnitt einer Trapezform angenähert ist.

Beide Maßnahmen können gesondert aber auch in Kombination zusammen mit weiteren Maßnahmen am Generator ausgeführt werden, um das gewünschte Ziel der Geräuscharmut zu realisieren.

Bei den bisherigen Läufern von Mehrphasen-Generatoren sind die einzelnen Polschuhe in einem konstanten Abstand zueinander angeordnet. Bei einer solchen Verteilung aller Pole mit gleichem Abstand über den Läuferumfang passieren alle - vorderen oder hinteren - Polkanten synchron und zur gleichen Zeit eine jeweils am Stator gegenüberliegend angeordnete Nut des Stators. Dies hat zur Folge, daß an jeder Nut des Stators ein mechanischer Impuls entsteht, der eine Schwingung des Stators anregen kann. Die Pole regen also durch die Kraft des Magnetfeldes den Stator an, zu schwingen. Diese Anregungsfrequenz  $F_{an} = (n/60 \times Nuten)$  kann exakt die Eigenfrequenz des Stators treffen, so daß dieser sehr laute Geräusche erzeugt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Läufer mit Polen ausgebildet, deren Abstände zueinander nicht konstant ist. Im Gegensatz zu den bekannten Anordnungen mit konstanten Polabständen haben erfindungsgemäß vari-

ierende Polabstände zur Folge, daß nicht mehr gleichzeitig mehrere mechanische, potentiell eine Schwingung induzierende Impule von den die Nut eines Stators passierenden Polen des Läufers auf den Stator übertragen werden, so daß weniger Geräusche entstehen. Alternativ können die mehreren Pole Polköpfe mit unterschiedlichen Breiten aufweisen, um die erfindungsgemäßen Effekte zu erzielen.

In vorteilhafter Weise ist der Läufer mit Polen mit drei verschiedenen Polabständen a, b, c (a:  $\tau_P$ ; b:  $\tau_P + \frac{1}{2} * \tau_N$ ;c:  $\tau_P - \frac{1}{2} * \tau_N$ ) ausgelegt. Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird die Anregungsfrequenz für den Stator und den Läufer um den Faktor 3 erhöht. Die Anregungsamplitude reduziert sich dabei auf ein Drittel der normalen Anregung.

Es ist also möglich, durch eine Variation der Polabstände die anregende Frequenz zu erhöhen bei gleichzeitiger Reduzierung der Amplitude, wodurch im Ergebnis eine Schwingungsanregung des Generatorstators entscheidend und deutlich erschwert wird. Dies hat allein bereits eine erhebliche Geräuschminimierung zur Folge.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe bei einem Synchrongenerator der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Pole des Läufers mindestens eine an einem Polkopf ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung des Läufers schräg angeordnete Kante aufweisen.

Bei einem Synchrongenerator mit dem vorgeschriebenen Polkopf wird die Geräuschentwicklung ebenfalls stark minimiert, da die die Schwingungen des Stators verursachenden Kräfte, die während des Betriebs des Generators auf den Stator wirken, erheblich reduziert werden können. Dies wird durch die schräg angeordnete Kante des Polkopfs erreicht. Die die Schwingungen verursachenden Kräfte entstehen nämlich im wesentlichen während eines Übergangs des magnetischen Flusses von einem Nutsteg zum benachbarten Nutsteg; der Fluß verläuft dabei durch zwei benachbarte Pole des Läufers und den Luftspalt sowie einen Teil des Stators. Während des Übergangs von einem Nutsteg zum benachbarten Nutsteg wird der magnetische Fluß sprunghaft zum benachbarten Nutsteg verschoben - erst quasi für einen Moment unterbrochen - bis der nachfolgende Nutsteg die Position des zuvor an einem bestimmten Ort angeordneten Nutsteg erreicht hat und der magnetische Kreis wieder geschlossen ist.

Bei den bekannten Generatoren ist die in Bewegungsrichtung des Läufers vordere Kante eines Nutsteges stets exakt rechtwinklig zu der Bewegungsrichtung des Läufers angeordnet. Gleiches gilt für die in Bewegungsrichtung hinteren Kanten eines Polschuhs. Durch diese rechtwinklige Anordnung erreicht der sich drehende Nutsteg über seine gesamte Breite zu einem Zeitpunkt schlagartig eine bestimmte Nut des Ständers des Generators, so daß der zuvor beschriebene Übergang des magnetischen Flusses von einem Nutsteg zum nachfolgenden Nutsteg entsprechend "schlagartig" zu einem Zeitpunkt erfolgt. Aus diesem schlagartigen oder abrupten Übergang resultieren entsprechend große, die mechanischen Schwingungen verursachende Kräfte, so daß laute Geräusche entstehen.

Im Gegensatz hierzu wird erfindungsgemäß durch die schräge Anordnung der Vorderkante eines Polschuhs relativ zur Bewegungsrichtung des Läufers ein nicht abrupter, sondern allmählicher Übergang des magnetischen Flusses von einem Nutsteg zum nächsten realisiert, da ein Nutsteg zunächst mit seinem in Bewegungsrichtung vordersten Abschnitt der Vorderkante in den Bereich einer bestimmten Ständer-Nut kommt, und anschließend kontinuierlich weitere Abschnitte des Nutsteges in den Bereich der Nut gelangen. In Versuchen ist entsprechend festgestellt worden, daß die die Schwingungsgeräusche verursachenden Kräfte an dem Stator erheblich kleiner sind als bei den herkömmlichen Generatoren. Dadurch ist die Geräuschemission entsprechend reduziert.

Ein weiterer Effekt der Erfindung ist, daß die in den Ständerwicklungen induzierten Spannungen in ihrem zeitlichen Verlauf entsprechend dem schrägen Verlauf der Kante der Polkopfes variierbar ist.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die in Bewegungsrichtung des Läufers vordere Kante eines Polkopfes zwei winklig zueinander angeordnete, in eine Spitze zulaufende Kantenabschnitte aufweist. Auf diese Weise können die die Geräusche verursachenden Kräfte weiter reduziert werden, und die Polköpfe sind im wesentlichen symmetrisch ausgebildet. Die Spitze weist dabei z. B. in Bewegungsrichtung des Läufers oder umgekehrt.

Vorzugsweise sind die Kantenabschnitte in einem Winkel von etwa 100° bis 140°, vorzugsweise 120° in bezug auf die Bewegungsrichtung des Läufers angeordnet. Die Breite b - Fig. 7 - eines Kantenabschnitts stimmt somit im wesentlichen mit dem Nutenabstand überein. Es ist gefunden worden, daß bei dieser Geometrie ein besonders verlustarmer Übergang des magnetischen Flusses bei geringer Geräuschentwicklung realisiert werden kann.

Eine weitere besonders bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß die Pole des Läufers mindestens eine an einem Polkopf ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung des Läufers im wesentlichen schräg verlaufende hintere Kante aufweisen. Zweckmäßigerweise weist die in Bewegungsrichtung des Läufers hintere Kante eines Polkopfes zwei winklig zueinander angeordnete Kantenabschnitte auf, die parallel zu den an der vorderen Kante ausgebildeten Kantenabschnitten verlaufen, so daß der Polkopf in einer Draufsicht im wesentlichen pfeilförmig ausgebildet ist.

An der in Bewegungsrichtung hinteren Kante treten bei dieser Ausführungsform die zuvor beschriebenen, an der Vorderkante auftretenden Effekte ebenfalls an der hinteren Kante auf, so daß Geräusche weiter reduziert werden können und des Spannungsverlauf angepaßt ist. Darüber hinaus ermöglicht diese Maßnahme eine nahe Anordnung benachbarter Polköpfe, da diese kongruente Formen haben und sozusagen "ineinander passen".

Gemäß einem weiteren besonders vorteilhaften Aspekt der Erfindung hat ein Polkopf im Querschnitt etwa die Form eines Trapezes. Auf diese Weise hat die in dem Stator induzierte Spannung im zeitlichen Verlauf eine ebenfalls trapezförmige Form. Im Gegensatz hierzu sind die Polköpfe bei den herkömmlichen Generatoren als Sinusbögen geformt, um sinusförmige Spannungen zu erzeugen. Erfindungsgemäß lassen sich trapezförmige Spannungen induzieren. Bei einem trapezförmigen Spannungsverlauf ist die Amplitude über einen großen Zeitbereich konstant, so daß auf aufwendige Gleichstromfilter verzichtet werden kann oder diese wesentlich kleiner und somit kostengünstiger ausgeführt werden können. Entsprechend dem Spannungsverlauf liefert der erfindungsgemäße Generator gemäß dieser Ausführungsform ein nahezu konstantes Drehmoment über den Drehwinkel. Ferner ist der sogenannte Oberwellengehalt des Drehmoments sehr gering für eine Stromrichtermaschine. Bei den herkömmlichen Polköpfen sind die Oberwellen im Drehmomentenverlauf nachteilig.

Bei trapezförmiger Ausbildung des Polkopfes können ferner die Streufeldverluste, die beim Übergang von einem Polkopf zum nächsten entstehen, reduziert werden. Gemäß einer Weiterbildung sind die Kanten des trapezförmigen Polkopfes abgerundet. Auch hierdurch können Schwingungen sowie Streufeldverluste reduziert werden. Wichtig ist, daß ein Polkopf im Randbereich eine beidseitige Querschnittsverringerung aufweist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert. In der Zeichnung stellen dar:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Windkraftanlage mit einem Synchrongenerator in einer schematischen Darstellung; Fig. 2 einen Läufer eines Generators mit variierendem Abstand der Polschuhe oder Polköpfe als schematische Darstellung; Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt des Läufers aus Fig. 2; Fig. 4 einen Abschnitt eines Läufers und eines Stators des Synchrongenerators in schematischer Darstellung; Fig. 5 einen erfindungsgemäßen Pol eines Läufers in einer Seitenansicht; den Pol aus Fig. 5 in einer Draufsicht; Fig. 6 einen erfindungsgemäßen Pol als Draufsicht sowie ein zugehöriges Fig. 7 Stator-Spannungs-Zeit-Diagramm; ein weiteres Stator-Spannungs-Zeit-Diagramm; Fig. 8 ein weiteres Stator-Spannungs-Zeit-Diagramm; Fig. 9 eine schematische Darstellung der Statorwicklung als 6-Phasen-Fig. 10 Wicklung; ein den tangentialen Kraftverlauf am Umfang einer Statornut Fig. 11 varanschaulichendes Kraft-Weg-Diagramm bei herkömmlichen Synchrongeneratoren; Fig. 12 ein den tangentialen Kraftverlauf am Umfang einer Statornut veranschaulichendes Kraft-Weg-Diagramm bei einem erfindungsgemäßen Synchrongenerator; Fig. 13 ein den tangentialen Kraftverlauf am Umfang einer Statornut veranschaulichendes Kraft-Weg-Diagramm bei einem weiteren erfindungsgemäßen Synchrongenerator; ein weiteres Kraft-Weg-Diagramm eines erfindungsgemäßen Fig. 14 Synchrongenerators, bei dem eine Pfeilung um eine halbe Nutbreite bzw. eine ganze Nutbreite verwirklicht ist; ein weiteres Kraft-Weg-Diagramm eines Synchrongenerators mit Fig. 15

Pfeilung um eine Nutbreite und asymmetrische Pol-Anordnung;

Fig. 16	ein Strom-Zeit-Diagramm des Generatorstroms;
Fig. 17	ein Strom-Zeit-Diagramm eines gleichgerichteten Stroms eines Drei-Phasen-Systems;
Fig. 18	ein Strom-Zeit-Diagramm gemäß Figur 1 mit 30° Phasenverschiebung;
Fig. 19	ein Strom-Zeit-Diagramm gemäß Figur 18 mit angezeichneten gleichgerichtetem Strom;
Fig. 20	ein Strom-Zeit-Diagramm mit einzelnen Phasenströmen und deren Summe;
Fig. 21	ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Polkopfes mit abgerundeten Kanten;
Fig. 22	ein zu Figur 21 gehöriges Spannungs-Zeit-Diagramm der Stator- Spannung
Fig. 23	ein weiteres Strom-Zeit-Diagramm einer Statorphase;
Fig. 24	ein weiteres Strom-Zeit-Diagramm einer Statorphase; und
Fig. 25	ein Strom-Zeit-Diagramm der Summe der in den Fig. 23 und 24 gezeigten Strömen.

Fig. 1 veranschaulicht schematisch eine erfindungsgemäße Windkraftanlage mit einem mittels einer Welle 2 von einem Rotor 3 ohne Zwischenschaltung eines Getriebes direkt angetriebenen Mehrphasen-Synchrongenerator 4, der in bekannter Weise innerhalb einer Gondel an einem Turm gelagert ist.

Das Drehmoment des Generators 4 wird bestimmt von der magnetischen Induktion B, dem Ankerstrom  $I_A$  und von dem Winkel zwischen diesen beiden Größen, während das magnetische Feld B durch die induzierte Spannung  $U_{ind}$  repräsentiert wird. Dieser Zusammenhang läßt sich durch die Formel M ~ B ·  $I_A$  sin  $\omega$ T bzw. M ~ I  $U_{ind}$  ·  $I_A$  sin  $\omega$ T bei sinusförmigen Strömen beschreiben.

Der 6-Phasen aufweisende Synchrongenerator ist an eine Gleichrichterschaltung 6 mit mehreren Gleichrichterdioden 7 und einem Kondensator 8 angeschlossen, in dem von je einer der Wicklungen des Stators des Generators 4 eine Leitung 9 zwischen je zwei Gleichrichterdioden 7 führt, so daß im Betrieb eine gleichgerichte-

te Spannung an den Anschlußklemmen 10, 11 anliegt. Der Kondensator 8 ist zwischen die Anschlußklemmen 10, 11 geschaltet und sorgt für Spannungs- und Stromformen, die nach der Gleichrichtung einen annäherend idealen Gleichstrom ergeben.

Der in den Wicklungen des unten näher beschriebenen Stators des Generators 4 induzierte Strom hat im wesentlichen einen Gleichstromanteil und einen Wechselstromanteil, vgl. Fig 23 bis 25. Der Wechselstromanteil sorgt für einen relativ sanften Stromanstieg bzw. -abfall einer Stromhalbwelle des Ausgangsstroms einer der 6-Phasen. Die sogenannte Cos Φ - Schwingung sorgt für einen kontinuierlichen Stromübergang von einer Phase zur nächsten. Durch die in der Gleichrichterschaltung 6 vorgenommene Addition aller Phasenströme wird die an den Anschlußklemmen 10, 11 anliegende Spannung und der abgenommene Strom im wesentlichen geglättet sein. Für eine Glättung sorgt auch der Kondensator 8. Der erfindungsgemäße Generator 4 liefert nach der Gleichrichtung einen Gleichstrom mit nahezu konstanter Amplitude sowie ein nahezu konstantes Drehmoment über den Drehwinkel, so daß Gleichstromfilter entfallen oder deutlich kleiner ausgeführt werden können. Der Oberwellengehalt des Drehmoments ist klein. Ferner ist der erfindungsgemäße Generator 4 geräusch- und vibrationsärmer.

Aus den Fig. 2 und 3 ist ersichtlich, daß die Abstände  $\tau_{\rm P}$  der Pole 14 über den Umfang des Läufers 12 nicht konstant sind, sondern unterschiedliche Werte a, b und c annehmen können, nämlich einen ersten Polabstand a)  $\tau_{\rm P}$ , einen weiteren Polabstand b)  $\tau_{\rm P}$  + ½ \*  $\tau_{\rm N}$  sowie einen weiteren Polabstand  $\tau_{\rm P}$  -½ \*  $\tau_{\rm N}$ , wobei  $\tau_{\rm N}$  die Breite einer Nut (Nutbreite) des Stators ist. Somit ist eine über den Umfang asymmetrische Anordnung der Pole verwirklicht. Alternativ dazu oder kombiniert hiermit können die Polabstände auch durch Verschiebung eines Pols 14 um eine bestimmte Nutbreite realisiert werden.

Durch eine derartige asymmetrische Anordnung wird die Anregefrequenz für die in den Nuten angeordneten Wicklungen des Stators als Verschiebung um 1/3 der Nutbreite um den Faktor 3 erhöht gegenüber einer nicht verschobenen Anordnung. Die Amplitude der Anregungskraft reduziert sich aber auf 1/3 der Anregung bei nicht versetzter Anordnung. Alternativ können die Breiten der Polköpfe 20 über den Umfang des Läufers 12 unterschiedlich sein, um eine asymmetrische Ausbildung der Pole 14 zu erreichen, um die erfindungsgemäßen Effekte zu erzielen.

Fig. 4 veranschaulicht den magnetischen Fluß Φ zwischen dem die Pole 14 aufweisenden Läufer 12 und dem Stator 16. Der von den Polen 14 erregte magnetische Fluß Φ verläuft umlaufend gemäß den Linien 18 durch einen Pol 14,

den Luftspalt 18 und das Blechpaket des Stators 16 zurück durch den Luftspalt 18 in einen benachbarten Pol 14 des Läufers 12. Zwischen zwei benachbarten Polköpfen 20 kommt es zu einem Streufluß, vgl. Pfeile 22, der den zur Stromerzeugung nutzbaren magnetischen Fluß Φ verringert.

Der Läufer 12 ist als Schenkelpolmaschine ausgeführt. Die Form der Pole 14, insbesondere der Polköpfe 20 ist am besten aus den Fig. 5 bis 7 ersichtlich. Die Seitenansicht der Fig. 5 veranschaulicht, daß die Polköpfe 20 etwa die Form eines Trapezes mit Abrundungen an beiden Kanten 24, 26 des Polkopfes 20 aufweisen. Im Randbereich eines Polkopfes 20 verringert sich der Querschnitt des Polkopfes 20 in Richtung auf dessen Ende beidseitig. Der Querschnitt nimmt mit zunehmender Nähe zum Rand somit beidseitig ab.

Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, weist der Polkopf 14 in einer Draufsicht auf die dem Luftspalt 18 zugewandte Oberfläche die Form eines Pfeils auf. Die in Bewegungsrichtung des Läufers 12, die durch einen Pfeil 28 in den Fig. 4 bis 7 gekennzeichnet ist, vordere Kante 26 weist zwei winklig zueinander angeordnete zu einer Spitze 30 zusammenlaufende Kantenabschnitte 32, 34 auf, die in bezug auf die Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 und somit der Polköpfe 20 schräg angeordnet sind. Die Kantenabschnitte 32, 34 sind in bezug auf die Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 in einem Winkel von etwa 120° angeordnet.

Die in Bewegungsrichtung des Läufers 28 hintere Kante 24 eines Polkopfes 20 weist zwei ebenfalls in bezug auf die Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 schräg angeordnete Kantenabschnitte 36, 38 auf. Der Kantenabschnitt 36 ist parallel und um die Breite B (Fig. 6) versetzt zu dem vorderen Kantenabschnitt 32 und der Kantenabschnitt 38 parallel und um die Breite B versetzt zu dem Kantenabschnitt 34 der Vorder-Kante 26 angeordnet, so daß in der Ansicht der Fig. 6 der Polkopf 20 eine Pfeilform hat, die auch als Pfeilung bezeichnet wird.

Fig. 7 zeigt einen weiteren Pol 14, bei dem der Polkopf 20 ebenfalls der Draufsicht pfeilförmig ausgebildet ist. Gegenüber dem in Fig. 6 gezeigten Polkopf 20 weisen die Kantenabschnitte 32, 34, 36, 38 jedoch andere Winkel in bezug auf die Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 auf.

Im unteren Teil der Fig. 7 ist die in einer Wicklung des Stators 16 induzierte Spannung U über der Zeit t aufgetragen. Der Verlauf der Spannung ist etwa trapezförmig, was auf die Fig. 5 dargestellte in einer Seitenansicht sowie in einem Querschnitt trapezförmige Gestaltung des Polkopfes 20 zurückzuführen ist. Die

induzierte Spannung ist proportional zu dem magnetischen Fluß Φ, der von den Polen 20 erregt wird und durch das Blechpaket des Stators 16 fließt. Der Fluß Φ ist proportional zum magnetischen Feld B. Um eine trapezförmige Spannung zu induzieren, wie in Fig. 7 gezeigt ist, ist die Amplitude des magnetischen Feldes B über den Weg einer Polteilung bzw. des Polkopfes 20 ebenfalls trapezförmig. Im Randbereich eines Polkopfes, d.h. im Bereich der vorderen und hinteren Kanten 24, 26 des Polkopfes 20, hängt die Amplitude der magnetischen Induktion B und somit der induzierten Spannung U von der geometrischen Form der Kante 24, 26 ab, sowie vom Luftspalt 19. Im Ausführungsbeispiel sind die Kanten 24 und 26 abgerundet, sie können jedoch auch andere Formen annehmen, um den ansteigenden oder abfallenden Bereich des Spannungsverlaufes zwischen einer Spannung U = 0 und der maximalen Spannung zu variieren.

Die Fig. 8 und 9 zeigen Spannungs-Zeitverläufe der in den Wicklungen des Stators 16 induzierten Spannung U. Ist bei alternativen, nicht dargestellten Polköpfen ist beispielsweise der Winkel zwischen den schräg angeordneten Kantenabschnitten 32, 34, 36, 38 gegenüber der Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 größer und somit die Pfeilform in der Draufsicht spitzer, so entsteht ein zeitlich längerer Spannungsabschnitt mit ansteigender Spannung Ubzw. mit abfallender Spannung U, während sich der Abschnitt konstanter, maximaler Spannung U zeitlich verkürzt, wie dies in Fig. 9 schematisch gezeigt ist.

Fig. 8 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel eines Polkopfes 20, bei dem der Winkel Kantenabschnitte 32, 34, 36, 38 gegenüber der Bewegungsrichtung 28 verringert ist, so daß zeitlich kürzere Spannungsanstiegs- bzw. Abstiegsabschnitte realisiert sind. Die Spannungsform kann somit gezielt durch die konkrete Geometrie der Polköpfe 20, insbesondere deren Pfeilform, variiert werden. Neben der Spannungsform kann auch eine tangential resultierende Kraft der Pole in Abhängigkeit von dem pfeilförmigen Polkopf 20 variiert werden. Je größer der Pfeilungsgrad ist, desto geringer ist die erzeugte tangential resultierende Kraft. Wenn eine schräge Kante 24, 26 (Figur 6 oder 7) eine gesamte Nut des Stators 16 bedeckt, wird die tangentiale Kraft sehr klein. Aber auch ein relativ kleiner Pfeilungsgrad, bei dem eine schräge Kante 24, 26 eine halbe Nut überdeckt, sorgt dafür, daß der zeitliche Verlauf der Kraft erheblich gleichmäßiger wird. Dadurch reduziert sich auch das von dem Generator emittierte Geräusch, da die Amplitude der Kraft Hauptanreger für den Schall ist. Kraftverläufe sind in den Figuren 11 bis 15 dargestellt.

Aus Fig. 10 ist die Anordnung der Wicklungen im Stator 16 ersichtlich, der 6 Phasen aufweist. Die Phase 1 ist an dem Umfang des Stators 16 (vgl. Fig. 4) bei 0°, Phase 2 bei 30°, Phase 3 bei 120°, Phase 4 bei 150°, Phase 5 bei 240° und Phase 6 bei 270° angeordnet. In nicht dargestellter Weise kann der Stator 60 mit Polzahlen von 60 bis 100 ausgeführt werden. Die Wicklungen können nach einer besonderen Wickelmethode angeordnet werden, bei der alle Pole 14 in einem Zug gewickelt sind, ohne daß Kontaktstellen, die häufig als "Brücken" bezeichnet werden, entstehen.

Aus dem in Fig. 11 dargestellten Kraft-Weg-Diagramm ist der Verlauf einer tangential am Umfang einer an dem einer Wicklung des Stators 16 angreifenden tangentialen Kraft in Abhängigkeit von dem Weg des Läufers 12 für einen herkömmlichen Synchrongenerator nach dem Stand der Technik dargestellt, bei der eine gleichmäßige Verteilung der einzelnen Pole über den Umfang des Läufers 12 vorgesehen ist. Es ist eine relativ große Amplitude der Kraft erkennbar.

Fig. 12 zeigt demgegenüber den Kraftverlauf bei einer erfindungsgemäßen asymmetrischen Anordnung und Verschiebung der einzelnen Pole 14 um eine halbe Nutbreite. Die Amplituden der Kraft in Abhängigkeit vom Weg (d.h. der Drehung des Läufers 12) und damit auch in Abhängigkeit von der Zeit sind deutlich niedriger als bei den bekannten Generatoren.

Fig. 13 zeigt einen Kraft-Weg-Verlauf bei einem erfindungsgemäßen Synchrongenerator mit einer asymmetrischen Anordnung der Pole entlang des Umfangs des Läufers 12 mit einer Verschiebung der Pole um 1/3 der Nutbreite. Auch aus Fig. 13 ist ersichtlich, daß die Amplituden der Kraft auf die Wicklungen des Stators 16 deutlich gegenüber den bei bekannten Generatoren auftretenden Kräften reduziert sind. Die durch die Kräfte verursachten Geräusche können erfindungsgemäß erheblich reduziert werden.

Aus dem in Figur 14 dargestellten Kraft-Weg-Diagramm, in dem die tangential resultierende Kraft der Pole 20 über dem Weg dargestellt ist, ist ersichtlich, daß durch die erfindungsgemäße Pfeilung der Polköpfe 20 geringere Kräfte resultieren gegenüber herkömmlichen Generatoren. Die Amplituden der dargestellten Kräfte sind am geringsten, wenn die Pfeilung derart ausgebildet ist, daß eine gegenüber der Bewegungsrichtung 28 des Läufers 12 schräge Kante 24, 26 eines Polkopfes 20 sich über eine ganze Nutbreite erstreckt, während bei einer Pfeilung derart, daß sich eine schräge Kante 24, 26 über eine halbe Nutbreite erstreckt, gegenüber herkömmlichen Generatoren reduzierte Kräfte erzeugt werden, die jedoch über den

zuvor beschriebenen liegen. Geräusche lassen sich auf diese Weise erheblich reduzieren, da die Amplitude der Krafthauptanreger für den Schall ist. Ein kurzer Kraftimpuls enthält ein sehr großes Anregungsfrequenzspektrum.

Aus Figur 15 ist ersichtlich, daß die Geräuschreduzierung am größten ist, wenn die Pfeilung sich über eine ganze Nutbreite erstreckt und eine erfindungsgemäße asymmetrische Anordnung der Pole 14 an dem Läufer 12 verwirklicht ist. Die dabei entstehenden tangentialen Kräfte sind sehr gering, so daß sich durch eine Kombination der beiden erfindungsgemäßen Maßnahmen ein maximaler Schallreduziereffekt ergibt. Die asymmetrische Anordnung der Pole 14 kann dabei gezielt so gewählt werden, daß bestimmte Anregerfrequenzen nicht auftreten.

Die Figuren 16 bis 20 veranschauliche Phasenströme in Abhängigkeit von der Zeit.

In Figur 16 ist der Stromverlauf einer Phase ohne asymmetrische Anordnung der Pole dargestellt.

Figur 17 veranschaulicht eine Überlagerung oder Summierung zweier Ströme eines Drei-Phasensystems mit einer Stromflußdauer, die größer als 120° ist. Die Überlagerung wird durch eine Gleichrichtung erzielt.

Aus Figur 18 ist ersichtlich, daß bei zusätzlicher Phasenverschiebung um 30° ein anderer Stromverlauf entsteht.

Figur 19 veranschaulicht die Gleichrichtung der in Figur 18 dargestellten Phasenströme, wobei die resultierende einen Gleichstrom mit geringer Welligkeit darstellt. Auf diese Weise werden nicht-sinusförmige Spannungen in den einzelnen Statorphasen erzeugt. Bei Berücksichtigung einer stark nicht linearen Last der Gleichrichterschaltung 6 mit Kondensator 8 (vgl. Figur 1), können Ströme erzeugt werden, die bei einer Verschiebung von 30° im Stator einen Strombelag mit einem Minimum an Drehmomentenschwankungen erzeugen.

Auch Figur 20 veranschaulicht die Beträge der Phasenströme mehrerer Stator-Wicklungen in dem oberen Abschnitt des Diagramms sowie die durch Gleichrichtung erzielte Summe der Beträge der Phasenströme in dem unteren Abschnitt des Diagramms.

Figur 21 veranschaulicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Poles 14 mit einem im wesentlichen trapezförmigen Polkopf 20 mit abgerundeten Endbereichen, die sich im Querschnitt beidseitig verringern.

Figur 22 zeigt schließlich ein Spannungs-Zeit-Diagramm, das eine in einem Stator induzierte Spannung, die durch Verwendung eines in Figur 21 gezeigten Pols 14 mit Hilfe eines erfindungsgemäßen Generators 4 erzeugt werden kann. Die Spannungsform hat abgerundete Kanten. Sie kann je nach Bedarf durch modifizierte Formen des Polkopfes 20 variiert werden, beispielsweise indem die abgerundeten Kanten stärkere Querschnittsverringerungen oder Rundungen aufweisen.

Das in Fig. 23 dargestellte Strom-Zeit-Diagramm einer Statorphase zeigt einen rechteckförmigen Stromverlauf, der den in den Wicklungen des unten näher beschriebenen Stators des Generators 4 induzierten Gleichstromanteil des Stroms zeigt.

Fig. 24 zeigt einen Wechselstromanteil des in einer Statorphase induzierten Stroms. Der Wechselstromanteil sorgt für einen relativ sanften Stromanstieg bzw. -abfall einer Stromhalbwelle des Ausgangsstroms einer der 6-Phasen. Die Cos  $\Phi$ - Schwingung sorgt für einen kontinuierlichen Stromübergang von einer Phase zur nächsten.

Fig. 25 zeigt in einem Strom-Zeit-Diagramm die Summe - ein Rechteck mit der 6. Oberschwindung - der in den Fig. 23 und 24 gezeigten Ströme einer Statorphase wie auch in Fig. 20 dargestellt. Durch die in der Gleichrichterschaltung 6 vorgenommene Addition aller Phasenströme wird die an den Anschlußklemmen 10, 11 anliegende Spannung und der abgenommene Strom im wesentlichen geglättet sein.

#### <u>Ansprüche</u>

- 1. Verfahren zum Erzeugen elektrischer Energie mittels eines Synchrongenerators mit einem Generator-Stator mit einer Statorwicklung und einem relativ zum Stator bewegbaren Generator-Läufer, welcher n Pole aufweist und welcher in der Statorwicklung eine elektrische Spannung induziert, während die Statorwicklung von einem Statorstrom durchflossen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Verlauf der induzierten Spannung in einer Statorwicklung bzw. mehreren Statorwicklungen im wesentlichen den Stromverlauf in einer Statorwicklung oder der Summe von wenigstens m Teilströmen (I1, I2) in m Statorwicklungen angenähert ist.
- 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator eine 6-Phasen-Statorwicklung aufweist, wobei jeweils zwei Phasen ein Phasenpaar bilden und die Addition der Ströme eines Phasenpaars im wesentlichen dem Verlauf der induzierten Spannung in den jeweils betroffenen Phasenwicklungen entspricht.
- 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Stator induzierte Spannung im wesentlichen eine Trapezform aufweist, welche in der Fourier-Analyse ein Minimum an hochfrequenten Anteilen enthält.
- 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe von N-Teilströmen in den Statorwick-lungen (N>1) einen nahezu konstanten Gleichstrom ergibt.
- 5. Synchrongenerator zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Generator-Stator (16) und einem relativ zum Stator (16) bewegbaren Generator-Läufer (12), welcher n Pole (14) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole asymetrisch ausgebildet oder asymetrisch an dem Läufer (12) angeordnet sind.
- 6. Synchrongenerator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Pole (14) zueinander nicht konstant ist.

- 7. Synchrongenerator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) mit drei verschiedenen Polabständen an dem Läufer (12) angeordnet sind.
- 8. Synchrongenerator, insbesondere nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) des Läufers (12) mindestens eine an einem Polkopf (20) ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) im wesentlichen schräg verlaufende vordere Kante (26) aufweisen.
- 9. Synchrongenerator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die in Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) vordere Kante (26) eines Polkopfes (20) zwei winklig zueinander angeordnete, zu einer Spitze (30) zulaufende Kantenabschnitte (32, 34) aufweist.
- 10. Synchrongenerator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kantenabschnitte (32, 34) der vorderen Kante (26) in einem Winkel von etwa 100° bis 140°, vorzugsweise 120° in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) angeordnet sind.
- 11. Synchrongenerator nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (14) des Läufers (12) mindestens eine an einem Polkopf (20) ausgebildete, in bezug auf die Bewegungsrichtung (28) des Läufers (12) im wesentlichen schräg verlaufende hintere Kante (24) aufweisen.
- 12. Synchrongenerator nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die hintere Kante (24) zwei winklig zueinander angeordnete Kantenabschnitte (36, 38) aufweist, die parallel zu den an der vorderen Kante (26) ausgebildeten Kantenabschnitten (32, 34) verlaufen, so daß der Polkopf (20) in radialer Draufsicht im wesentlichen pfeilförmig ausgebildet ist.
- 13. Synchrongenerator, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Polkopf (20) eines Pols (14) im Querschnitt etwa die Form eines Trapezes hat.
- 14. Synchrongenerator nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch eine beidseitige Querschnittsverringerung im Randbereich des Polkopfes (20).

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 H02K1/24 H02K19/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

#### B. FIELDS SEARCHED

 $\begin{array}{ll} \label{localization} \mbox{Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)} \\ \mbox{IPC 6} & \mbox{H02K} & \mbox{F03D} \end{array} .$ 

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

NTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
WANG F X ET AL: "WAVEFORM OPTIMIZATION DESIGN OF AN AC CONVERTER MACHINE"	1,3-5,16
May 1989 , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 25, NR. 3, PAGE(S) 436 - 440 XP000039074	; ##1897F
see page 438, column 2, paragraph 2 - page 440, column 1, paragraph 1; figures	8-13,15
1,4,10 12	2
DE 622 115 C (A. MANDL) 5 June 1926 see the whole document	5-7
AT 352 824 B (ELIN UNION AG) 10 October 1979	5-7
see page 2, line 16 - line 22; claim 1; figure 1	
	WANG F X ET AL: "WAVEFORM OPTIMIZATION DESIGN OF AN AC CONVERTER MACHINE" May 1989 , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 25, NR. 3, PAGE(S) 436 - 440 XP000039074 see page 438, column 2, paragraph 2 - page 440, column 1, paragraph 1; figures 1,4,10-12  DE 622 115 C (A. MANDL) 5 June 1926 see the whole document  AT 352 824 B (ELIN UNION AG) 10 October 1979 see page 2, line 16 - line 22; claim 1;

Tullier documents are listed in the continuation of box c.	X Patent failing members are listed in armex.				
Special categories of cited documents :  "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention				
"E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone				
which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled				
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	in the art. "&" document member of the same patent family				
Date of the actual completion of theinternational search	Date of mailing of the international search report				
28 October 1998	11/11/1998				
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2	Authorized officer				
NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo ni, Fax: (+31-70) 340-3016	Roy, C				

0.4	ation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	Polyuent to claim No
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 1 215 804 A (L'ECLAIRAGE DES VEHICULES SUR RAIL) 20 April 1960	8-12
	see page 1, column 1, paragraph 4 - column 2, paragraph 2	·
Y	US 1 369 765 A (R. L. ALEXANDER) 1 March 1921	13,15
A	see figure 1	14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 182 (E-131), 18 September 1982 & JP 57 097337 A (HITACHI LTD), 17 June 1982 see abstract	8-12
A	H. JORDAN, S. NOWACK, M. WEIS: "ÜBER DEN MAGNETISCHEN LÄRM VON SYNCHRONMASCHINEN" AT-Z ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU, no. 1, January 1967, pages 1-8, XP002082420 WIEN	5
	see page 4, paragraph 5.2	
		4.
Na v		age ratio are was 2000.
](-7](w)		Committee of the Commit

101/61 20/07606

Publication date	Patent family member(s)	Publication date
	NONE	
10-10-1979	AT 856377 A	15-03-1979
20-04-1960	NONE	
01-03-1921	NONE	tions and white this little time and write near diffe here have train.
	10-10-1979 20-04-1960	NONE  10-10-1979 AT 856377 A  20-04-1960 NONE

### a. Klassifizierung des anmeldungsgegenstandes IPK 6 H02K1/24 H02K19/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und derIPK

#### B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  $IPK \ 6 \ H02K \ F03D$ 

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WANG F X ET AL: "WAVEFORM OPTIMIZATION DESIGN OF AN AC CONVERTER MACHINE" Mai 1989 , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 25, NR. 3, PAGE(S) 436 - 440 XP000039074	1,3-5,16
Y	siehe Seite 438, Spalte 2, Absatz 2 – Seite 440, Spalte 1, Absatz 1; Abbildungen 1,4,10-12	8-13,15
<b>\</b>		2
(	DE 622 115 C (A. MANDL) 5. Juni 1926 siehe das ganze Dokument	5-7
<b>(</b>	AT 352 824 B (ELIN UNION AG) 10. Oktober 1979 siehe Seite 2, Zeile 16 - Zeile 22; Anspruch 1; Abbildung 1	5-7
	-/	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	X Siehe Anhang Patentfamilie
<ul> <li>Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen</li> <li>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</li> <li>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</li> <li>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werder soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</li> <li>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</li> <li>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</li> </ul>	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach deminternationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden  "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung miteiner oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheilegend ist  "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28. Oktober 1998	11/11/1998
Name und Postanschrift der Internationalen Rocherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentilaan 2 NL - 2280 HV Rijewijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Roy, C

g thinks only approximate the content of the extention

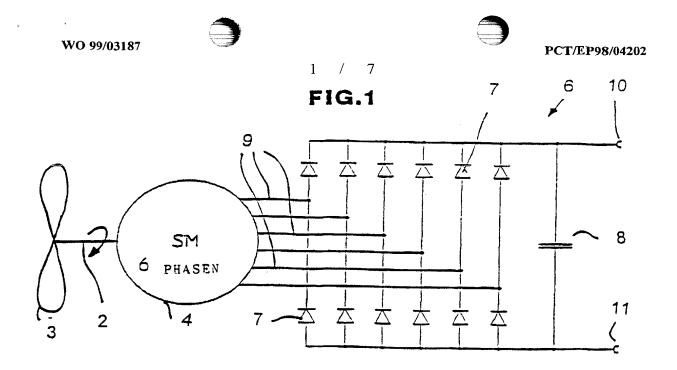
Kategorie°	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN  Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommendi	en Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 1 215 804 A (L'ECLAIRAGE DES VEHICULES SUR RAIL) 20. April 1960 siehe Seite 1, Spalte 1, Absatz 4 - Spalte 2, Absatz 2		8-12
Y	US 1 369 765 A (R. L. ALEXANDER)		13,15
1	1. März 1921 siehe Abbildung 1		14
•	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 182 (E-131), 18. September 1982 & JP 57 097337 A (HITACHI LTD), 17. Juni 1982 siehe Zusammenfassung		8-12
	H. JORDAN, S. NOWACK, M. WEIS: "ÜBER DEN MAGNETISCHEN LÄRM VON SYNCHRONMASCHINEN" AT-Z ELEKTROTECHNIK UND MASCHINENBAU, Nr. 1, Januar 1967, Seiten 1-8, XP002082420 WIEN		5
	siehe Seite 4, Absatz 5.2		
i.			

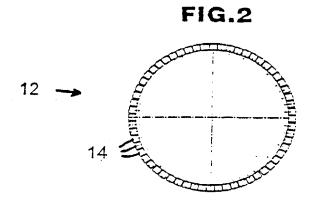
PCT.	/EP	98/	04	202
------	-----	-----	----	-----

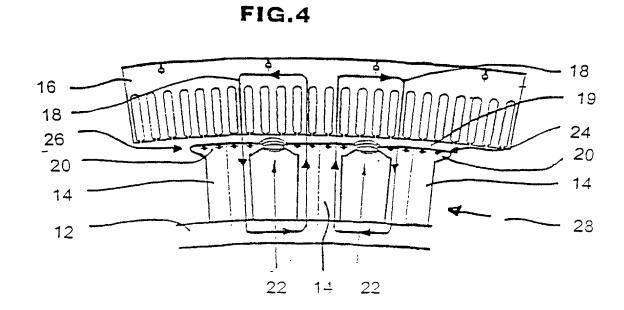
 $\chi_{G_{\alpha}},$ 

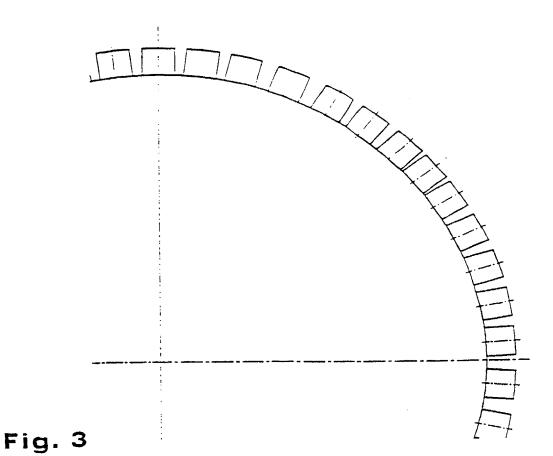
Im Recherch angeführtes Pat		Datum der Veröffentlichung		ed(er) der ntfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 6221	15 C		KEINE	,	
AT 3528	24 B	10-10-1979	AT	856377 A	15-03-1979
FR 1215	B04 A	20-04-1960	KEINE	هندي <sub>ال</sub> يب ونيا <b>ت الآنان الآنان التنا</b> والتنا والتنا والتنا والتنا والتنا والتنا	
US 1369	765 A	01-03-1921	KEINE		

- <del>-</del> 17 -
- 15. Synchrongenerator nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanten (24, 26) des Trapezes abgerundet sind.
- 16. Windenergieanlage, mit einem Turm, einem an diesem angeordneten Rotor sowie einem von dem Rotor antreibbaren Generator (4), dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (4) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche ausgebildet ist.

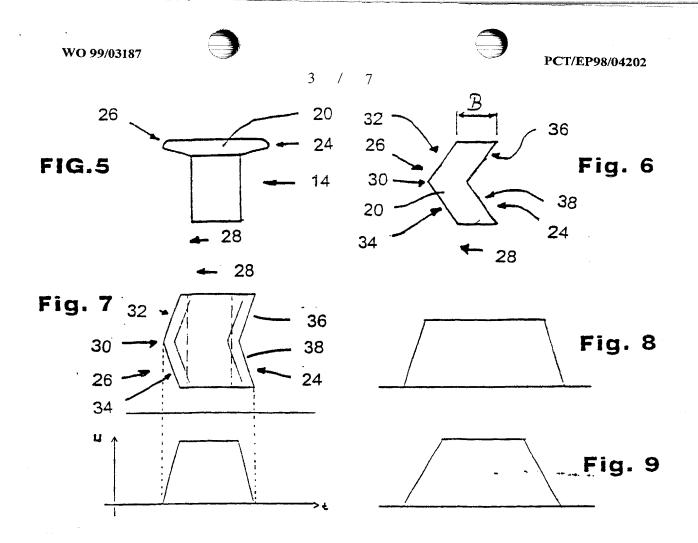


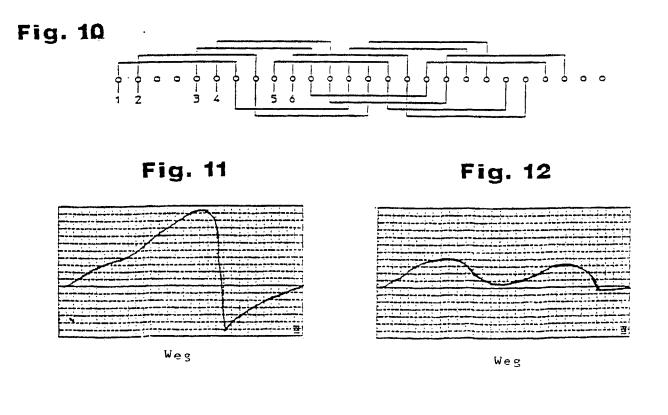






ERSATZBLATT (REGEL 26)





4 / 7

Fig. 13

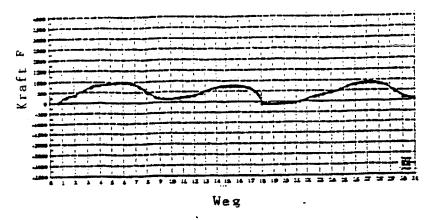


Fig. 14

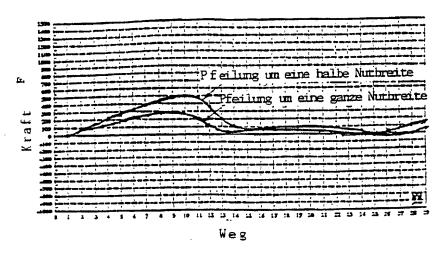
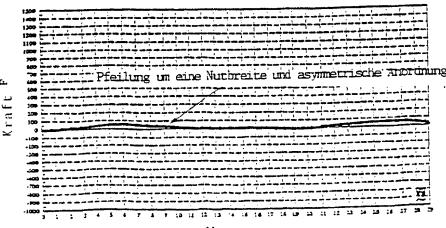


Fig. 15

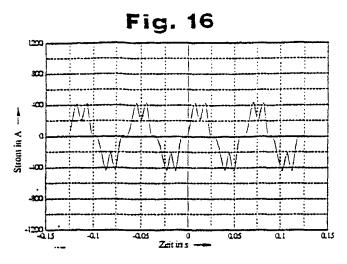


Weş





5 / 7



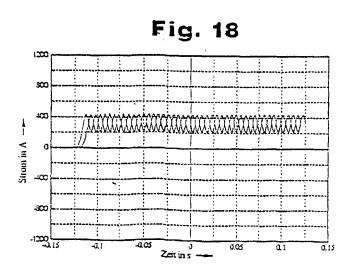




Fig. 19

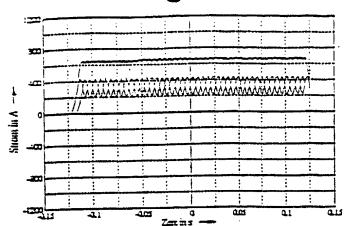


Fig. 20 Generator 3.07 0,06 0.05 0.03 30 90 100 110 120 130 140 130 160 170 180 190 220 210 220 240 250

Fig. 21

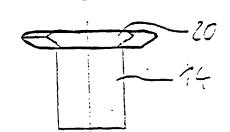


Fig. 22 a 130

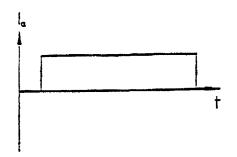
7 / 7

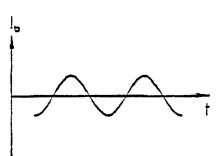


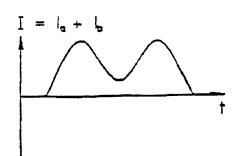
Fig. 23

Fig. 24

Fig. 25









# **PCT**

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

ktenzeichen des Anmelders oder Anwalts WEITERES siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit				
W 1758	W 1758 VORGEHEN zutreffend, nachstehender Punkt 5			
Internationales Aktenzeichen	Internationales Anmeldedatum		(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	
PCT/EP 98/04202	(Tag/Monat/Jahr) 07/07/1998 08/07/1997			
Anmelder				
WOBBEN, Aloys et al.				
Dieser internationale Recherchenbericht wurd Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem In	de von der Internationalen Rec ternationalen Büro übermittelt.	cherchenbehörde e	rstellt und wird dem Anmelder gemäß	
Dieser internationale Recherchenbericht umf  X Darüber hinaus liegt ihm jeweils e		Blätter. nt genannten Unter	rlagen zum Stand der Technik bei.	
Bestimmte Ansprüche haben si	ch als nichtrecherchierbar e	<b>erwiesen</b> (siehe Fe	old I).	
2. Mangelnde Einheitlichkeit der E	Erfindung(siehe Feld II).			
3. In der internationalen Anmeldung Recherche wurde auf der Grundla	ist <b>ein Protokoll einer Nucle</b> age des Sequenzprotokolls du	otld- und/oder Am rchgeführt,	ninosäuresequenzoffenbart; die internationale	
das z	usammen mit der international	len Anmeldung ein	gereicht wurde.	
das vom Anmelder getrennt von der internationalen Anmeldung vorgelegt wurde,				
	dem jedoch keine Erklärun Offenbarungsgehalt der int	g beigefügt war, da ternationalen Anme	aß der Inhalt des Protokolls nicht über den eldung in der eingereichten Fassung hinausgeht.	
das	von der Internationalen Reche	rchenbehörde in di	ie ordnungsgemäße Form übertragen wurde.	
4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfind	dung			
X wird	der vom Anmelder eingereichte	e Wortlaut genehm	igt.	
wurd	e der Wortlaut von der Behörd	e wie folgt festgese	etzt.	
Hinsichtlich der <b>Zusammenfassung</b>				
X wird	der vom Anmelder eingereichte	e Wortlaut genehm	igt.	
festa	esetzt. Der Anmelder kann der	r Internationalen Re	ingegebenen Fassung von dieser Behörde echerchenbehörde innerhalb eines Monats nach icherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.	
			· ·	
6. Folgende Abbildung der <b>Zeichnungen</b> i	st mit der Zusammenfassung z	zu veröffentlichen:		
Abb. Nr 4 ,7 wie v	om Anmelder vorgeschlagen		keine der Abb.	
	der Anmelder selbst keine Abb	oildung vorgeschlag	gen hat.	
X weil	diese Abbildung die Erfindung	besser kennzeichr	net.	